

**DISEÑO DE MAQUINA QUE INYECTA SILICONA LIQUIDA PARA PEGADO DE
VIDRIO TEMPLADO CURVO DE SEGURIDAD DE LUMINARIAS CALIMA TIPO
2.**

EDGAR ALVAREZ RAMIREZ

**UNIVESIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

**DISEÑO DE MAQUINA QUE INYECTA SILICONA LIQUIDA PARA PEGADO DE
VIDRIO TEMPLADO CURVO DE SEGURIDAD DE LUMINARIAS CALIMA TIPO
2.**

EDGAR ALVAREZ RAMIREZ

Pasantía para optar al titulo de Ingeniero Mecatrónico

**Director
CRISTIAN DAVID CHAMORRO RODRÍGUEZ
Ingeniero Mecánico**

**Coordinador
JOSÉ MAURICIO MOSQUERA ABADÍA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVESIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2007**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico.

Ing. ALVARO COLLAZOS
Jurado

Ing. JORGE IVAN VELANDIA
Jurado

Santiago de Cali, 27 de Junio de 2007

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	14
INTRODUCCION	15
1. MARCO CONTEXTUAL	16
1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE ROY-ALPHA S.A.	16
1.2 FUNDAMENTACION FILOSOFICA DE LA EMPRESA	16
1.2.1 Misión	17
1.2.2 Visión	17
2. PROBLEMA DE INVESTIGACION	18
2.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
4. JUSTIFICACION	20
5. MARCO TEÓRICO	21
6. METODOLOGIA	25
7. DESARROLLO DEL PROYECTO	26
7.1 INTRODUCCION AL MÉTODO DE DISEÑO	26

7.2 PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN	27
7.3 IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	29
7.3.1 Lista de las necesidades del cliente	29
7.3.2 Especificaciones del producto	32
7.3.3 Benchmarking	33
7.4 GENERACION, SELECCION Y PRUEBA DE CONCEPTOS	38
7.4.1 Generación de conceptos	38
7.4.1.1 Generación de conceptos por subfunciones	39
7.4.2 Selección de conceptos	44
7.4.3 Prueba de conceptos	46
7.5 ESPECIFICACIONES FINALES DEL DISEÑO	46
7.6 DISEÑO DETALLADO	48
7.6.1 Convertir energía a movimiento rotacional	49
7.6.2 Sensor de posición	49
7.6.3 Convertir energía a movimiento traslacional	49
7.6.4 Controlar la presión	49
7.6.5 Control de movimiento transnacional	50
7.6.6 Control del sistema	50
8. DISEÑO ARQUITECTURAL	51
8.1 DOCUMENTACION MECANICA	51
8.1.1 Planos de partes propias	51
8.1.2 Piezas	51

8.1.3	Diseño de vigas	57
8.1.4	Características del motor	65
8.1.5	Características del cilindro pistón	75
8.1.6	Características de la válvula reguladora	77
8.1.7	Características de la electroválvula direccional	79
8.2	DOCUMENTACIÓN ELECTRÓNICA	80
8.2.1	Elementos de control	80
8.2.2.	Control del sistema	81
8.2.2.1	Diseño de estrategia programada	84
8.2.2.2	Lista de entradas y salida	85
8.2.2.3	Conexión de entradas y salidas al autómata	85
8.2.2.4	Esquema en escalera o ladder	86
8.2.2.5	Programación en autómatas disponible	86
8.2.2.6	Diagrama GRAFTCET	87
8.2.2.7	Programación por lista de instrucción	87
8.2.3	Control del motor	88
8.2.4	Elementos de sensado	88
8.2.5	Otros elementos electrónicos	90
8.3	SIMULACION EN SOFTWARE	91
8.4	INTERFAZ DE USUARIO	92
8.5	SELECCIONDE LOS COMPONENTES FINALES DEL DISEÑO	93

8.5.1 Selección del motor	93
8.5.2 Selección del variador de velocidad	94
8.5.3 Selección del PLC	95
8.5.4 Selección del cilindro pistón	95
8.5.5 Selección del sensor	96
8.5.6 Selección de la válvula	97
8.5.7 Selección del protector del sistema	97
8.5.8 Selección de otros elementos	97
8.6 Lista de partes	98
9. PROTOTIPADO	100
9.1 PROTOTIPADO VIRTUAL	101
10. CONCLUSIONES	102
11. RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronograma	25
Tabla 2. Identificación de las necesidades del cliente	31
Tabla 3. Declaración de las métricas con sus necesidades	32
Tabla 4. Relación de las métricas con las necesidades	33
Tabla 5. Benchmarking	37
Tabla 6. Especificaciones preliminares	37
Tabla 7. Matriz de tamizaje	45
Tabla 8. Matriz de evaluación de conceptos	45
Tabla 9. Especificaciones técnicas	47
Tabla 10. Entradas y salidas del autómata	85
Tabla 11. Tabla de partes	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ley de Boyle – Mariotte ejemplo grafico	22
Figura 2. Tipo de luminaria calima 2	24
Figura 3. Planeación de productos	27
Figura 4. Robot TMB100 de la compañía Finsar	34
Figura 5. Robot I&J2500 de la compañía Finsar	34
Figura 6. Maquina ultra 525TT de la compañía EDF Nordson Company	35
Figura 7. Robot Scara YK120 de la compañía Yamaha	36
Figura 8. Caja negra	38
Figura 9. Descomposición funcional	39
Figura 10. Combinación de conceptos	41
Figura 11. Concepto 1	42
Figura 12. Concepto 2	42
Figura 13. Concepto 3	43
Figura 14. Concepto 4	43
Figura 15. Embudo de selección de conceptos	44
Figura 16. Diseño escogido	46
Figura 17. Diseño secuencial Vs. Concurrente	48
Figura 18. Esquema funcional	49
Figura 19. Pieza 1 contenedor del pistón y la silicona	52
Figura 19-1. Tapas del contenedor del pistón y la silicona	52
Figura 20. Pieza 2 soporte del contenedor pistón – silicona	53
Figura 21. Pieza 3 sujetador guía del soporte	54
Figura 22. Pieza 4 eje de abajo del soporte	55
Figura 23. Pieza 5 eje de arriba del soporte	55
Figura 24. Diagrama de cuerpo libre, momento máximo del brazo 3	58
Figura 25. Diagrama de cuerpo libre, momento máximo del brazo 2	61
Figura 26. Diagrama de cuerpo libre del brazo 1	64
Figura 27. Motor con reductor de velocidad	66
Figura 28. Perímetro del tablero guía	67
Figura 29. Perímetro del rodillo	67
Figura 30. Inercia del piñón 1	69
Figura 31. Inercia del piñón 2	70
Figura 32. Inercia del rodillo	70
Figura 33. Momentos de inercia	71
Figura 34. Grafica velocidad angular Vs tiempo	74
Figura 35. Cilindro de doble efecto	75

Figura 36.	Válvula reguladora	77
Figura 37.	Etapa de filtro de válvula reguladora	77
Figura 38.	Regulador de presión	78
Figura 39.	Etapa de lubricación de válvula reguladora	78
Figura 40.	Símbolos de electroválvulas	79
Figura 41.	Ruta que sigue el aire a presión	79
Figura 42.	Estructura de los PLC	80
Figura 43.	Lenguaje en escalera	82
Figura 44.	Lenguaje por lista de instrucciones	83
Figura 45.	GRAFCET	83
Figura 46.	Autómata disponible	84
Figura 47.	Grafico del proceso	85
Figura 48.	Entradas y salidas al autómata	86
Figura 49.	Esquema en escalera	86
Figura 50.	Autómata disponible del proyecto	87
Figura 51.	Diagrama de GRAFCET	87
Figura 52.	Control del motor	88
Figura 53.	Simulación en off de Automation Studio	91
Figura 54.	Simulación en on de Automation Studio	92
Figura 55.	Interfaz de usuario	93
Figura 56.	Motor seleccionado	94
Figura 57.	Variador de velocidad seleccionado	94
Figura 58.	PLC seleccionado	95
Figura 59.	Cilindro pistón seleccionado	95
Figura 60.	Sensor de proximidad seleccionado	96
Figura 61.	Sensor de contacto seleccionado	96
Figura 62.	Válvula seleccionada	97
Figura 63.	Protección del sistema seleccionado	97
Figura 64.	Vista explosionada	98
Figura 65.	Ubicación de los prototipos	100
Figura 66.	Renderizado 3D	101

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Propiedades del aluminio	106
Anexo B. Calculo de inercia en diferentes tipos de vigas	107
Anexo C. Diámetros de los tubos que se encuentran en el mercado	109
Anexo D. Características del motor seleccionado	110
Anexo E. Características del variador de velocidad seleccionado	111
Anexo F. Características del PLC seleccionado	114
Anexo G. Características del cilindro pistón seleccionado	116
Anexo H. Características del sensor de proximidad seleccionado	120
Anexo I. Características del sensor de contacto seleccionado	122
Anexo J. Características de la válvula seleccionada	124
Anexo K. Características de los botones y pulsadores seleccionados	125
Anexo L. Planos de la maquina	126
Anexo M. Paper	143

GLOSARIO

ACTUADORES: son todos los elementos conectados a las salidas del controlador, sean elementos de actuación directa o elementos de mando. Y pueden ser; actuadores eléctrico, hidráulicos, neumáticos o térmicos.

ADHESIÓN: la adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

AUTÓMATA: el autómata programable industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos.

CONTACTOR: son dispositivos electromagnéticos que conectan o desconectan un circuito eléctrico de potencia al excitar un electroimán o bobina de mando. Se diferencian de los relés porque los contactores son capaces de soportar mas potencia.

CONTROLADOR: se suele llamar controlador, al programa necesario para que un cierto programa o sistema operativo sea capaz de utilizar un dispositivo físico como actuadores.

ESFUERZO DE FLEXIÓN: el esfuerzo de flexión es una combinación de los esfuerzos de tracción y compresión. El esfuerzo de flexión deforma los elementos de manera que se comban.

GRADOS DE LIBERTAD: Cada uno de los movimientos básicos que definen la movilidad de un determinado robot. Puede indicar un movimiento longitudinal o de rotación.

INERCIA: incapacidad de los cuerpos para salir del estado de reposo, para cambiar las condiciones de su movimiento o para cesar en él, sin la aplicación o intervención de fuerza alguna.

NEUMÁTICA: la neumática es la rama que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido.

PERIMETRO: contorno de una superficie o una figura.

PLC: controlador lógico programable es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

POSICIÓN: punto del espacio en el que se encuentra un objeto.

PRESIÓN: fuerza ejercida normalmente sobre una superficie por la unidad de área de la misma. Su unidad en el sistema internacional es el pascal, pero hay otras unidades como la atmósfera, bar, baria, etc.

RELÉ: dispositivo de conmutación activado por señales. Se utiliza una pequeña tensión o corriente para conmutar tensiones o corrientes mayores; puede ser de tipo electromecánico o totalmente electrónico. Dispositivo que, al ser activado por la corriente de un circuito, cierra o abre unos contactos que gobiernan la corriente de otros circuitos.

RESOLUCIÓN: movimiento más pequeño que el robot puede actuar, sensor y/o controlar; en nuestro caso el movimiento más pequeño de los sensores.

SENSOR: dispositivo utilizado para determinar el valor actual de una magnitud controlada de un sistema

TERMINAL: pieza que, unida al extremo de un conductor eléctrico, sirve para unirlo a otro elemento.

TORQUE: el producto vectorial de la fuerza aplicada por la distancia se denomina par o momento.

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de maquina que inyecta silicona liquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2, este trabajo esta realizado como opción de grado en la empresa Roy-Alpha S.A.

Estas luminarias son utilizadas principalmente para la iluminación de vías y actualmente están colocadas en la ciudad de Cali para iluminar el tramo del MIO (Trasporte publico masivo de la ciudad de Cali), aunque también son utilizadas en centros comerciales.

El diseño de este sistema esta basado específicamente en las necesidades, requerimientos y posibilidades económicas de la empresa, teniendo en cuenta que este proceso constituye una parte importante del ensamble de las luminarias calima tipo 2 y que después de terminado este proceso sigue la línea de ensamble de las luminarias. Este sistema consta principalmente del posicionamiento del sistema de pegado inyectando por los bordes de la luminaria la silicona liquida para que el operario pueda insertar el vidrio de seguridad y pueda pegar de una manera mas fácil la luminaria.

Este informe esta documentado con todas las especificaciones técnicas posibles tratado de una manera sencilla, tanto estrategias de diseño como partes propias y conocidas, para la futura construcción de este dispositivo. Con una investigación exhaustiva de cómo se esta resolviendo este problema en la industria y las diferentes formas de pegado del vidrio con el aluminio para mostrar una mayor claridad en el tema y un mejor desarrollo del proyecto. También cuenta con unas simulaciones en software especializados para verificar el optimo funcionamiento de la maquina y asegurar un perfecto ensamble.

INTRODUCCION

Las industrias en Colombia cada vez le están prestando más atención al desarrollo tecnológico, esto gracias a los cambios que se presentan en el mercado y la globalización económica que se esta dando en estos momentos.

La automatización en las empresas se a convertido en una herramienta muy importante para mejorar la calidad de los productos, los tiempos de fabricación y bajar los costos de producción.

Este proyecto se realiza con el fin de mejorar una etapa de la fabricación de luminarias calima 2. Al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, lograra que la empresa disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas, todo esto ayuda a que la empresa mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, al no realizar la automatización de los procesos la empresa corre el riesgo de quedar rezagada tecnológicamente hablando.

Aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera y a la necesidad planteada por Roy-Alpha S.A, se llevara a cabo el respectivo diseño tanto mecánico, como electrónico de la maquina.

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE ROY-ALPHA S.A.

La empresa Roy-Alpha S.A. se encuentra ubicada en la Calle 15 # 32 – 598 de Yumbo, el sector económico al cual pertenece es el metalmecánica debido a que la empresa fabrica luminarias.

1.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA DE LA EMPRESA

ROY ALPHA S.A.¹ es una organización líder en Colombia en la fabricación y comercialización de luminarias y balastos de sodio, mercurio y metal halide, para iluminación de vías, áreas industriales y comerciales, escenarios deportivos y áreas exteriores en general.

Constituida en 1952, se ha consolidado como la empresa más importante del sector de la iluminación en Colombia, ofreciendo productos que se distinguen no sólo por su eficiencia lumínica y energética, sino, por su alta calidad, tecnología (Inyección de Aluminio), estética, durabilidad, facilidad de mantenimiento y por el cumplimiento de normas técnicas nacionales e internacionales.

ROY ALPHA S.A., ha suministrado luminarias a la mayoría de Concesionarias del Alumbrado Público en Colombia y cuenta entre sus clientes a las Empresas de Energía Eléctrica del país, firmas de consultoría e ingeniería, empresas constructoras y en general compañías del sector industrial y comercial.

La experiencia adquirida durante más de 50 años y la gama y calidad de nuestros productos, nos motivaron a incursionar con éxito en mercados de Latinoamérica. Actualmente exportamos a siete países de la región. Adicionalmente, hemos iniciado el proceso de Certificación Internacional de nuestros productos, primer paso para llegar a los mercados de Estados Unidos y de la Unión Europea.

¹ ¿Quines somos? Roy-Alpha [en línea]. Santiago de Cali: Roy-Alpha, 2007. [consultado 25 de Noviembre, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.royalpha.com>.

Nuestro valor agregado. Superar ampliamente las expectativas de nuestros clientes es el reto constante que hemos asumido gustosos y que hacemos realidad a través de:

- Calidez y profesionalismo de nuestro equipo humano.
- Atención personalizada ágil y oportuna.
- Solidez y amplio respaldo en nuestras negociaciones.
- Asesoría técnica en Proyectos de Iluminación y en el uso eficiente de la energía luminosa: Contamos con un grupo de ingenieros especializados y con herramientas informáticas de apoyo entre las que se destaca el programa de cálculo luminotécnico Lite Star, diseñado para trabajar bajo ambiente Windows y en interfase con el programa Autocad.
- Capacitación técnica y seminarios de luminotecnia.
- Disponibilidad de accesorios y repuestos.
- Laboratorio propio para verificar el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales, el cual cuenta con personal calificado y equipos para la realización de pruebas fotométricas, eléctricas, térmicas, mecánicas y de hermeticidad.

Sistema de calidad. El Sistema de Gestión de la Calidad de ROY ALPHA S.A., fue certificado por BVQI (Bureau Veritas Quality International) bajo los criterios de la norma NTC-ISO 9001Versión 2000.

1.2.1. Misión. Generar en el negocio de la iluminación, un crecimiento que le permita a la Empresa un desarrollo armónico que beneficie a sus clientes, proveedores, colaboradores y accionistas.

1.2.2. Visión. Conservar el liderazgo en el Mercado Nacional y lograr que las exportaciones representen el 50% de la venta total en el año 2007.

2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa ROY- ALPHA S.A. busca mejorar, agilizar y automatizar el proceso de pegado de vidrio en las luminarias calima 2, esto hace parte de la automatización y estandarización de los procesos por parte de la empresa, ya que esta operación es realizada por un operario de forma manual.

Motivo por el cual se realizara el diseño de una maquina que inyecta silicona liquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2.

Para los procesos que cubran la producción se deben realizar mejoras, optimizando de esta manera las líneas de producción y obteniendo una ganancia en tiempo, menor pérdida de material y entregando una mayor producción.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Con este proyecto se busca el diseño de una maquina que realice la aplicación de la silicona liquida en la base de aluminio de una manera automática, para lograr la adhesión del vidrio curvo de seguridad en las luminarias calima tipo 2.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer las necesidades específicas que requiere la empresa.
- Observar como se realizan las adhesiones del vidrio y el aluminio en los diferentes tipos de luminarias que maneja la empresa, para poder adaptarla a este tipo de luminaria.
- Analizar el proceso de producción y generar ideas para el mejoramiento de los mismos.
- Generar, seleccionar y probar diferentes conceptos que resuelvan las especificaciones establecidas previamente teniendo en cuenta diferentes criterios técnico-económicos y evaluando su impacto social y medio ambiental.
- Estudiar el proceso que le sigue en la línea de ensamble a la adhesión del vidrio de seguridad para saber como debe de quedar la pieza al salir de este proceso.
- Desarrollar un proceso de fabricación de la maquina de pegado de acuerdo con los equipos disponibles en la empresa.
- Diseñar la maquina para el proceso de adhesión del vidrio y el aluminio.

4. JUSTIFICACION

Estamos en un continuo cambio tecnológico y Colombia apenas esta siendo parte de el, en comparación con otros países; de ahí la necesidad de implementar el desarrollo tecnológico en las industria y automatizar la mayor parte de los procesos para así tener una mayor calidad y estandarización de los productos para competir en el mercado internacional.

Se quiere automatizar el proceso de pegado del vidrio de seguridad en las luminarias calima 2 fabricadas en la empresa ROY-ALPHA S.A. para poder así mejorar la producción de este tipo de luminarias asegurando así, la calidad y confiabilidad de los productos.

5. MARCO TEORICO

Para la realización de este proyecto es necesario saber sobre algunos conceptos Sobre la adhesión, y la neumática.

La adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares. Se conoce con el nombre de adhesivo a la sustancia que puede mantener unidos a dos o más cuerpos por contacto superficial. Su importancia en la industria moderna es considerable, para el proyecto el adhesivo utilizado por la empresa es la silicona marca Sista para vidrio y aluminio transparente.

Características² Sista Dow Corning Silicón para Vidrio y Aluminio, es un sellador 100% silicón que por su excelente calidad es la mejor opción para el mercado vidriero y aluminio. Por su consistencia, es fácil de aplicar y repasar, no se despega, agrieta o endurece, y por su gran adhesión impide la filtración de agua. Puede usarse en interiores y exteriores, sellando juntas de vidrio y aluminio, aparadores, ventanas, puertas, domos de vidrio, etc.

Para poder usar la silicona se necesita un aplicador para eso se utiliza una pistola de silicona industrial que funciona de forma neumática.

La Neumática es la rama que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido. El aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido.

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo. Cuando el

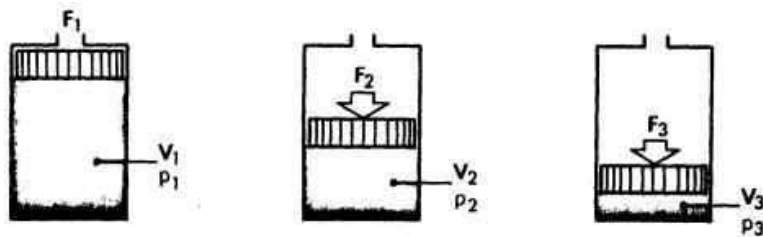
² Sista Dow Corning [en línea]. México DF: Sista, 2005. [consultado 26 de Noviembre, 2006]. Disponible en Internet <http://www.sistadowcorning.com.mx>

aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, aumenta la presión y obliga a desplazarse a un émbolo situado en su interior, y proporcionando un movimiento lineal y realizando un trabajo. La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte. A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = \text{constante}$$

Esta Ley se demuestra mediante el siguiente ejemplo:

Figura 1. Ley de Boyle-Mariotte ejemplo grafico



Algunas Propiedades importantes de la neumática³.

- El proceso es limpio.
- Protección contra explosiones implícitas.
- Conexión sin necesidad de cañerías.
- Fácil transformación de energía, en movimientos rotativos y lineales.
- Mantenimiento sencillo de los diferentes componentes.
- Seguridad en la función aun bajo condiciones de trabajo extremas.
- Perdidas de aire disminuyen el rendimiento.

El aire comprimido tiene aplicación en un área muy amplia en los campos aplicados de la industria, se pueden ver en los siguientes ejemplos.

³ Sistema de potencia fluida notas de clase 2006 archivo pdf. del profesor Cristian Chamorro de la universidad Autónoma de Occidente.

- Industria.
- Oficios manuales.
- Aviación.
- Automotores.
- Navegación.
- Medicina.
- Maquinaria de la construcción.

Generación de movimientos rectos.

- Herramientas de sujeción.
- Levantar o bajar.
- Abrir y cerrar.
- Prensas neumáticas.
- Accionamiento de puertas.
- Alimentación de piezas.
- Robots industriales.
- Piezas de soldadura.
- Frenos.

Generación de movimientos rotantes.

- Roscadoras
- Perforadoras
- Trituradoras.

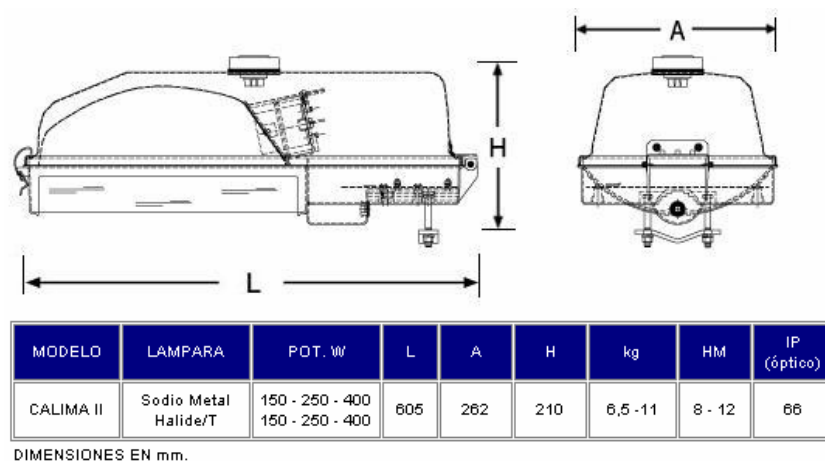
Aplicaciones de energía de mando.

- Controlar.
- Asegurar
- Bloquear
- Contar
- Retardar
- Almacenar
- Sensar

Descripción de luminarias calima 2⁴ luminaria horizontal cerrada, de reparto lumínico asimétrico con diferentes grados de alcance y dispersión gracias a las tres posiciones de la lámpara.

- Semi-carcasa inferior en ALUMINIO INYECTADO.
- Semi-carcasa superior en aluminio embutido.
- Acabado exterior con pintura poliéstérica aplicada electrostáticamente.
- Reflector en aluminio embutido, con brillo y anodizado químico.
- Refractor en vidrio curvo templado, resistente a choques térmicos y mecánicos.
- Elementos eléctricos incorporados en bandeja porta equipo, fabricada en lámina de acero con tratamiento galvánico.
- Cazoleta – Portalámpara conformada por dos piezas en inyección de aluminio de accionamiento manual.
- Abrazadera de sujeción en acero galvanizado y herrajes en acero inoxidable.

Figura 2. Tipo de luminaria calima 2



⁴ Especificaciones de la luminaria calima tipo 2 [en línea]. Santiago de Cali: Roy-Alpha, 2007. [consultado 5 de Diciembre, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.royalpha.com>.

6. METODOLOGIA

El proyecto se llevará a cabo en 6 ½ meses, comenzando a finales del mes de Noviembre de 2006 y terminando a mediados del mes de Junio de 2007. El proyecto está dividido básicamente en tres etapas.

La primera etapa tiene que ver con la base teórica y conocimientos de los procesos que intervienen en la parte de producción, con el objetivo de conceptuar el problema. Estudiando de esta manera las necesidades exigidas por el cliente, el funcionamiento de algunos productos similares. Para luego generar una serie de conceptos que serán probados llegando así a la selección del mejor concepto.

La segunda etapa tiene que ver con el diseño y simulación virtual, donde se llevara a cabo un diseño detallado de todas las partes de la máquina para obtener de esta forma el diseño completo del producto deseado.

La tercera etapa es diseño de producción y cotización, esta etapa se hace necesaria para la futura fabricación del proyecto con un óptimo desempeño y rendimiento para mejores productos. También se establecerán las posibles mejoras en los procesos de producción los cuales mas adelante podrán ser implementados de acuerdo a la decisión del cliente. Por ultimo se redactara el informe final exponiendo los resultados obtenidos a lo largo del proyecto.

Tabla 1. Cronograma

ETAPAS	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Investigación de diversas maquinas de aplicación de adhesivo que existan en la industria								
Identificación de las necesidades del cliente								
Planeación del producto								
Especificaciones del producto								
Generación de conceptos								
Selección de conceptos								
Prueba de conceptos								
Proceso de diseño detallado								
Cotización de los elementos para su futura construcción								

7. DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE DISEÑO

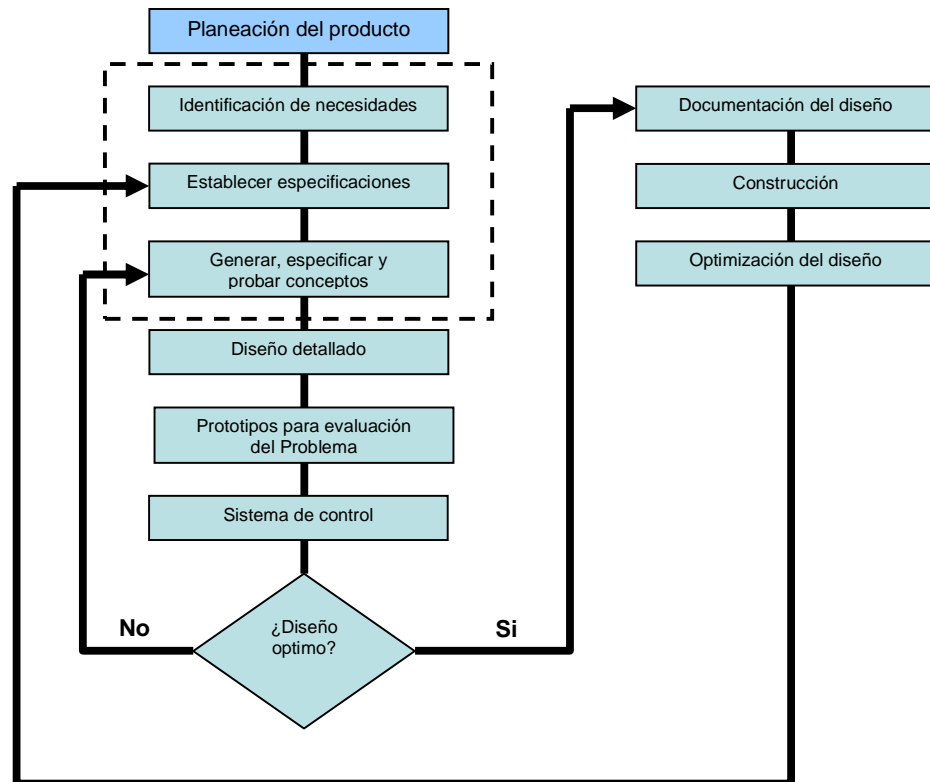
La planeación de un proyecto es una parte de gran importancia a la hora de llevar a cabo un proceso de diseño puesto que por medio de ella podemos identificar con claridad las necesidades del cliente, estas necesidades son claves en este tipo de procesos ya que gracias a ellas se puede diseñar de acuerdo con los requerimientos funcionales, estéticos y restricciones que el interesado en el producto demande.

Este proceso permite evaluar la satisfacción de las necesidades del cliente en algunos productos competidores lo cual nos permite realizar mejoras en el producto que se va a diseñar respecto a los diseñados con anterioridad.

Con el análisis mencionado anteriormente se puede restringir el diseño dándole a este unas especificaciones preliminares las cuales nos permitirán generar una serie de conceptos, de los que se seleccionaran los que mejor se adapten al resultado esperado.

Por último se realiza una prueba usando herramientas computacionales o prototipos rápidos de cada uno de los conceptos seleccionados lo que nos dará la aprobación para llevar a cabo un diseño detallado con la plena seguridad de que este será exitoso.

Figura 3. Planeación de productos



7.2. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN

Descripción del problema:

- Dispositivo para pegado del vidrio de seguridad en luminarias tipo calima 2.

Principales Objetivos del Marketing:

- Diseñar un sistema Mecatrónico para pegado de vidrio de seguridad de luminarias tipo calima 2.
- Desarrollar un sistema simple y funcional.
- Servir de plataforma para mejoras de este tipo de maquinarias.

Mercado Primario:

- ROY- ALPHA S.A.

Mercado secundario:

- Empresas de tipo metalmecánica y otras empresas que fabriquen luminarias.

Premisas y restricciones:

- Dispositivo Mecatrónico que permita sujetar y manipular luminarias.
- Carga máxima de la luminaria (peso) 1.3 kg.
- El tamaño de la maquina debe de ser acorde con el espacio disponible en la empresa.
- Facilidad de mantenimiento y reparación.
- Componentes de fácil consecución nacional.

Partes implicadas:

- Empresa ROY- ALPHA S.A.
- Departamento de ingeniería y desarrollo.
- Proveedores de partes y elementos.
- Grupo de trabajo.

7.3 IDENTIFICACION DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

Para obtener un mejor diseño de la maquina es importante identificar las necesidades del cliente. Estas necesidades se organizan en 3 grupos que son: necesidades funcionales, necesidades estructurales y necesidades estéticas y económicas, dándole un nivel de importancia a cada una de estas necesidades.

En la tabla 2 se muestra la identificación de las necesidades donde se traduce cada necesidad a un lenguaje técnico para luego poder analizarlas detalladamente.

7.3.1 Lista de las Necesidades del Cliente.

Necesidades Funcionales.

- Que la maquina esparza silicona por el rededor de la luminaria.
- Que la maquina limpie los excesos de silicona.
- Que sea rápida y precisa.
- Que sea fácil de utilizar.
- Que sea segura.

Necesidades Estructurales.

- Que se pueda rediseñar en la misma plataforma.
- Facilidad de acople con las luminarias.
- Que sus dimensiones sean acorde con el espacio en la planta.
- Que el material escogido para la estructura resista las condiciones de trabajo de la maquina.

Necesidades Estéticas y Económicas.

- Que tenga buena presentación y cómodo para su utilización.
- Que tenga un consumo de energía razonable.
- Que el presupuesto para su futura construcción sea viable.
- Que el desperdicio de material sea mínimo.
- Que no sea ruidosa.

La tabla 2 muestra las especificaciones del producto y describe que debe hacer el producto sin decir como.

Tabla 2. Identificación de las necesidades del cliente

Necesidades Funcionales	
1. Que la maquina esparza silicona por el rededor de la luminaria.	La maquina inyectara silicona por todo el borde da la luminaria.
2. Que la maquina limpie los excesos de silicona.	La maquina limpiara los excesos de silicona o evitara tener excesos.
3. Que sea rápida y precisa.	Llevar la instrumentación de acuerdo a la resolución requerida por el cliente.
4. Que sea fácil de utilizar.	Su utilización será de la manera más eficaz y sencilla posible.
5. Que sea segura.	la maquina contara con un sistema de protección para el operario
Necesidades Estructurales	
6. Que se pueda rediseñar en la misma plataforma.	La plataforma se diseñara en forma modular para facilitar su posible rediseño.
7. Facilidad de acople con las luminarias.	La luminaria se acoplaran de una manera sencilla a la maquina para facilitar su proceso.
8. Que sus dimensiones sean acorde con el espacio en la planta.	La maquina ocupará un tamaño razonable teniendo en cuenta el tamaño de la fabrica.
9. Que el material escogido para la estructura resista las condiciones de trabajo de la maquina.	Los materiales utilizados responderán de manera satisfactoria a las exigencias del funcionamiento de la maquina.
Necesidades Estéticas y Económicas	
10. Que tenga buena presentación y cómodo para su utilización.	Será con forma, colores y medidas llamativas además ergonómico.
11. Que tenga un consumo de energía razonable.	Funcionara con el mínimo de energía posible.
12. Que el presupuesto para su futura construcción sea viable.	El diseño y los materiales de la maquina no excederán el presupuesto conservando la calidad.
13. Que el desperdicio de material sea mínimo.	La maquina utilizara el material necesario para su optimo funcionamiento.
14. Que no sea ruidosa.	Su funcionamiento será lo mas silencioso posible.

7.3.2. Especificaciones del producto. Este proceso consiste en darle valores o medidas a las traducciones de las necesidades. Las dos tablas que se muestran a continuación establecen las métricas con sus unidades y relaciona cada una de ellas con las necesidades de la tabla anterior.

Tabla 3. Declaración de las métricas con sus necesidades

# Métricas	# Necesidad	Métrica	Imp.	Unidad
1	6-7-8-10	Dimensiones (ancho,alto,largo)	4	Cm.
2	1-3-9-14	Velocidad	5	rpm
3	1-3-13	Resolución en movimientos	5	lista 1
4	4-5-9-10-12	Estética y diseño	3	lista 2
5	1-7	Compatibilidad con luminarias	5	mmts.
6	11	Potencia de funcionamiento	4	wats.
7	7-9	Capacidad de carga	5	gr.
8	14	Ruido	3	Db
9	2-11-13	Desperdicio de material	5	lista 3
10	1-3	Señales de los sensores	5	mms.

Lista 1 (Resolución de movimientos)	Unidades
Rotacional	º
Trasnacional	Mmts.

lista 2 (Estética y Diseño)	Unidades
Fácil de usar (botones para funcionamiento)	#
Diseño atractivo	Subj.
Resistencia de materiales	MPa
Ergonomía	Subj.
Presupuesto	Pesos

Lista 3 (Desperdicio de material)	Unidades
Excesos de silicona	mgr.
Energía	J
Aplicación de silicona	mgr./mmts

Tabla 4. Relación de las métricas con las necesidades

#	Necesidad	Imp.	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Métrica	Dimensiones	Velocidad	Resolución en movimientos	Estética y Diseño	compatibilidad con luminarias	Potencia de funcionamiento	Capacidad de carga	Ruido	Desperdicio de material	Señales de los sensores
1	Que la maquina esparza silicona por el rededor de la luminaria.	5			5	9		9					9
2	Que la maquina limpie los excesos de silicona.	5										9	
3	Que sea rápida y precisa.	5			9	9							9
4	Que sea fácil de utilizar.	4					3						
5	Que sea segura.	3					3						
6	Que se pueda rediseñar en la misma plataforma.	3	5										
7	Facilidad de acople con las luminarias.	5	9					9		9			
8	Que sus dimensiones sean acorde con el espacio en la planta.	4	5										
9	Que el material escogido para la estructura resista las condiciones de trabajo de la maquina.	4			5		5			9			
10	Que tenga buena presentación y cómodo para su utilización.	3	5				3						
11	Que tenga un consumo de energía razonable.	3							5			5	
12	Que el presupuesto para su futura construcción sea viable.	4					3						
13	Que el desperdicio de material sea mínimo.	5				9						5	
14	Que no sea ruidosa.	2			3						5		
TOTAL				95	96	135	62	90	15	81	10	85	90

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 4 nos damos cuenta que las necesidades mas importante para los clientes son resolución en movimientos, velocidad del proceso y las dimensiones de la maquina.

7.3.3. Benchmarking. Con este método se analiza detalladamente la satisfacción de las necesidades del cliente en productos competidores otorgando una calificación de 1 a 5, esto con la finalidad de diseñar un producto que cumpla con todas las necesidades del cliente y llene los espacios que la competencia ha dejado.

Figura 4. Robot TMB100 de la compañía Finsar



Robot SCARA de la compañía I & J Finsar Inc el área operacional del TMB100⁵ se puede describir como límite izquierdo y derecho del arco, con la robustez en el centro. La longitud del brazo es 17.32 " (440m m). Sus características son: puede realizar Puntos, líneas, arcos, y círculos juntas liquidas, encapsulamiento, relleno, y el brindar capacidad de repetición <0.02mm. No necesita conocimientos de informática, 6000 puntos de datos por tarjeta de memoria. Rápido, exacto y confiable 24 horas al día. Su programación colgante de enseñanza retroalimentada, multilínea movimiento continuo de la trayectoria para dispensar perfecto. Interpola automáticamente cualquier línea o arco, Interpolación tridimensional y entrada de coordenadas opcional por CAD.

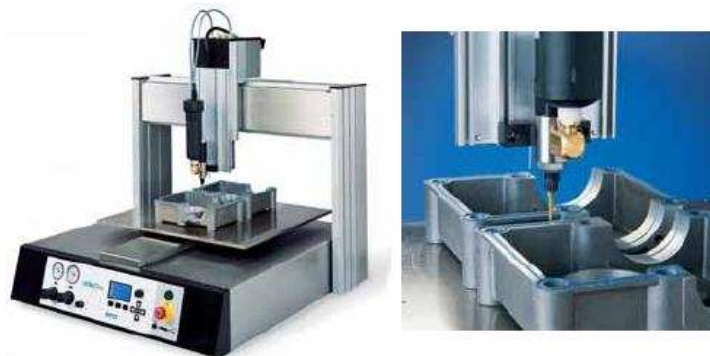
Figura 5. Robot I&j 2500 de la compañía Finsar



⁵ Características de los robots dosificadores de adhesivo [en línea]. España: I & J Finsar, 2007. [consultado 12 de Enero, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.ijfinsar.com/spain/index.htm>.

El robot cartesiano I&J2500 está abierto por uno de sus lados permitiendo trabajar con piezas grandes aunque queden alojadas fuera del área de trabajo. El sistema automáticamente interpola líneas y curvas en 3 ejes y en el modelo I&J2504 incluye un 4º eje rotacional. La potencia del software permite crear programas de forma rápida y sencilla, así que es posible programar y estar operativo en pocos minutos. Sus características son: Área de dosificación 510 x 510 mm puntos, líneas, arcos y círculos junta líquida, encapsulado, rellenado y protección repetibilidad de 0,01 mm para una dosificación perfecta no se necesitan conocimientos de informática 100 programas, 6.000 puntos de datos en cada tarjeta de memoria rápido, preciso y fiable 24 horas al día. Consola de programación con visualizador multilínea movimiento continuo para una dosificación perfecta Interpola automáticamente cualquier línea o arco Interpolación tridimensional software opcional para PC Windows® entrada de coordenadas opcional por CAD.

Figura 6. Maquina Ultra 525TT de la compañía EDF A NORDSON COMPANY



A nivel mundial, EFD⁶ ha sido la compañía líder innovadora en la tecnología de dosificación de fluidos por más de 30 años. La Ultra TT continúa esta tradición ya que incorpora funciones más avanzadas que otros sistemas disponibles en el mercado, por el mismo costo. Sus características son: Área de Trabajo X x Y x Z 525 x 525 x 100 mm, Resolución 10 μ , Velocidad Máxima 500 mm / seg, Interfaz de Programación Botones en el panel delantero, Palm, Capacidad del Programa 100, Capacidad de Puntos 10,000.

⁶ Características de la maquina dosificadora de adhesivo [en línea]. U.S.A: *Edf A Nordson Company*, 2007. [consultado 12 de Enero, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.efd-inc.com/espanol/SP-UltraTT-Brochure.pdf>.

Figura 7. Robot SCARA YK 120 de la compañía YAMAHA



La robustez de SCARA YK 120 YAMAHA⁷ (robustez horizontal del multiempalme) tiene una estructura común principalmente para las operaciones en la dirección horizontal. Esta robustez se da una alta rigidez en la dirección vertical, y se adopta así para mover objetos relativamente pesados en la dirección horizontal. Las características de esta robustez incluyen una muy alta velocidad en el movimiento horizontal dando como resultado una duración de ciclo más corta. Sus características son: velocidad 1.8m/s, Área de Trabajo X x Y x Z 69.5 x 50.5 x 30mm, repetibilidad $\pm 0.005\text{mm}$.

⁷ Características del robot Scara [en línea]. U.S.A: Yamaha Motor CO, 2007. [consultado 16 de Enero, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.yamaharobotics.com/business/robot/index.html>.

Tabla 5. Benchmarking

BENCHMARKING			Robot TMB100	Robot I&J 2500	Ultra 525TT	Robot SCARA YK 120
#	Necesidad	Imp				
1	Que la maquina esparza silicona por el rededor de la luminaria.	5	5	5	5	5
2	Que la maquina limpie los excesos de silicona.	5	3	5	5	3
3	Que sea rápida y precisa.	5	5	4	3	5
4	Que sea fácil de utilizar.	4	5	5	4	3
5	Que sea segura.	3	5	5	5	4
6	Que se pueda rediseñar en la misma plataforma.	3	3	2	2	2
7	Facilidad de acople con las luminarias.	5	4	2	2	2
8	Que sus dimensiones sean acorde con el espacio en la planta.	4	3	2	2	3
9	Que el material escogido para la estructura resista las condiciones de trabajo de la maquina.	4	4	4	4	4
10	Que tenga buena presentación y cómodo para su utilización.	3	5	5	5	5
11	Que tenga un consumo de energía razonable.	3	3	4	4	3
12	Que el presupuesto para su futura construcción sea viable.	4	2	2	2	2
13	Que el desperdicio de material sea mínimo.	5	4	5	5	3
14	Que no sea ruidosa.	2	5	5	5	5

Tabla 6. Especificaciones preliminares

# Métricas	# Necesidad	Métrica	Imp.	Unidad	Valor Marginal	Valor Ideal
1	6-7-8-10	Dimensiones (ancho,alto,largo)	4	cm.	100x90x75	85x80x70
2	1-3-9-14	Velocidad	5	rpm.	72	132
3	1-3-13	Resolución en movimientos	5	lista 1	lista 1	lista 1
4	4-5-9-10-12	Estética y diseño	3	lista 2	lista 2	lista 2
5	1-7	Compatibilidad con luminarias	5	mm.	3	5
6	11	Potencia de funcionamiento	4	wats.	100	60
7	7-9	Capacidad de carga	5	gr.	30	45
8	14	Ruido	3	Db	75	60
9	2-11-13	Desperdicio de material	5	lista 3	lista 3	lista 3
10	1-3	Señales de los sensores	5	mms.	0.05	0.02

7.4. GENERACION, SELECCIÓN Y PRUEBAS DE CONCEPTOS

Una visión clara del diseñador acerca de las necesidades primordiales del cliente a suplir es clave, para de esta manera dividir el gran conjunto de necesidades (problema), en subproblemas que facilitarán la generación de soluciones que se combinarán entre si, las cuales darán diversas opciones de solución desde diferentes enfoques de diseño.

De la gran variedad de combinaciones se encontrará que no todas las opciones son viables y/o confiables, pero se trata de analizar los pro y contra de cada una, eligiendo finalmente una combinación que vaya de la mano con las necesidades del cliente y la experiencia del diseñador. Esta combinación o concepto seleccionado responde a todos los esfuerzos de diseño realizados con anterioridad y a las ambiciones del grupo de trabajo, dando lugar al desarrollo de un producto competitivo, evidenciando la real importancia del aprovechamiento del proceso estructurado de diseño y desarrollo de productos.

7.4.1 Generación de conceptos. En esta etapa del trabajo se necesita descomponer el problema en subproblemas mas simples utilizando el método de descomposición funcional que consiste en representar el problema como una caja negra operando sobre un material, energía y flujo de señales, la caja negra se subdivide en subfunciones que describen mas específicamente que tiene que hacer cada elemento del producto para implementar la función principal y luego enfocarse en los subsistemas mas críticos.

Figura 8. Caja negra

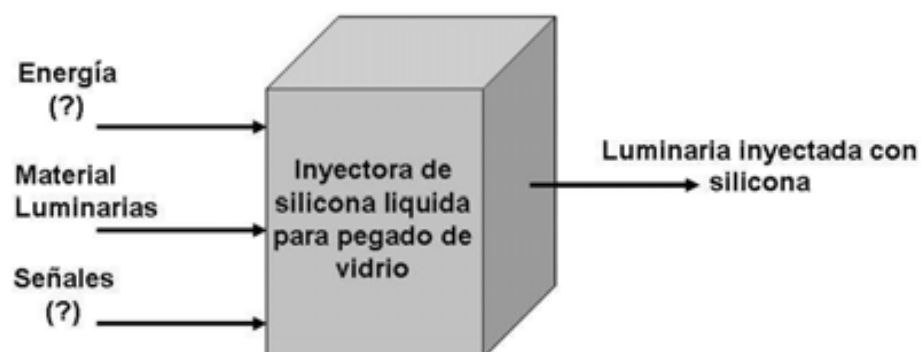
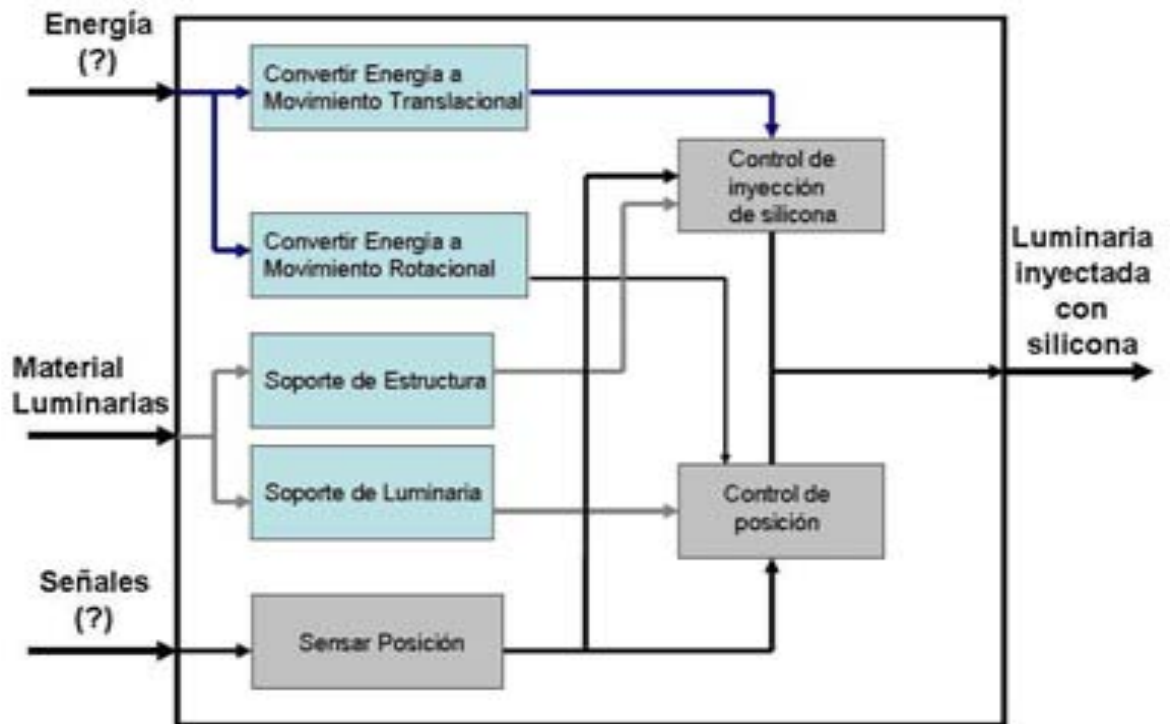


Figura 9. Descomposición funcional



7.4.1.1. Conceptos generados por subfunciones.

Convertir energía en movimiento rotacional.

- Motor eléctrico DC.
- Motor Paso a Paso.
- Servomotor.
- Motor Hidráulico.
- Motorreductor DC.

Convertir energía en movimiento Transnacional.

- Pistones.
- Motor con tornillo sinfín.
- Electro imán.
- Biela.
- Cremallera con piñón.

Sensar posición.

- Encoder absoluto.
- Encoder incremental.
- Sensor óptico.
- Sensor capacitivo.
- Sensor inductivo.
- Microswiches o finales de carrera.

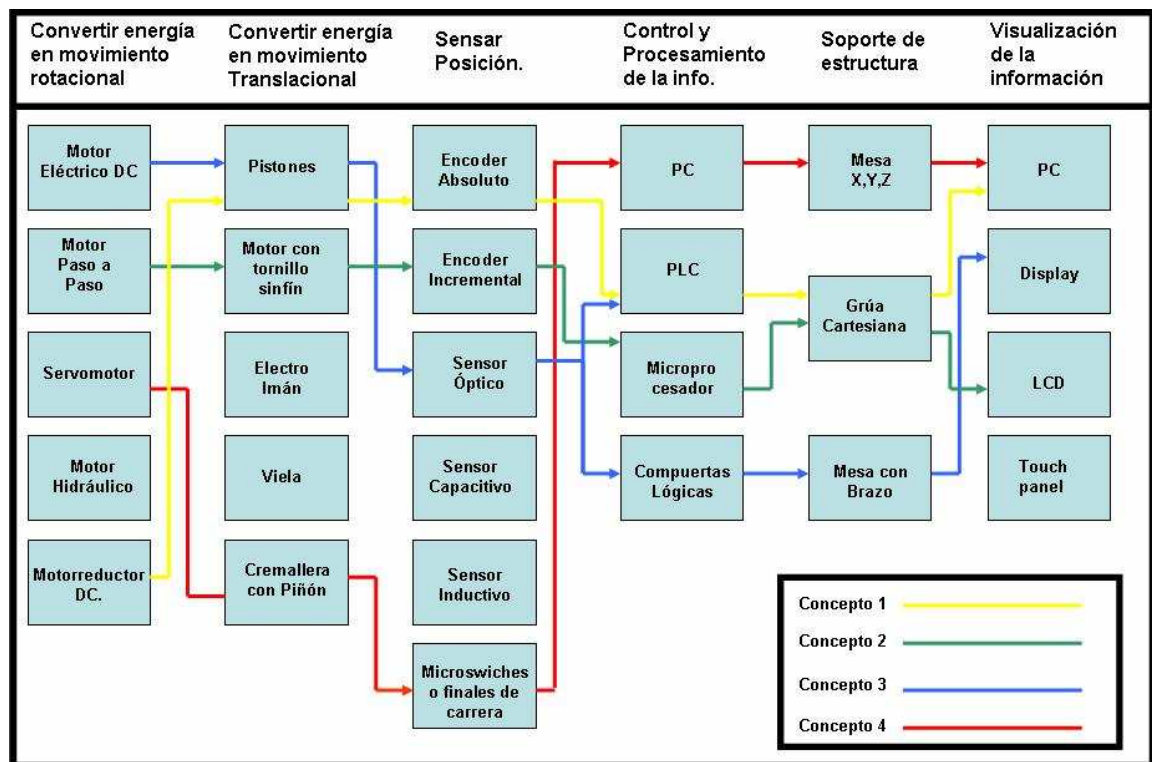
Controlador y Procesamiento de la información.

- Computador.
- PLC.
- Microprocesador.
- Compuertas lógicas.

Visualización de la información.

- Computador.
- Display de 7 segmentos.
- LCD.
- Touch panel.

Figura 10. Combinación de conceptos

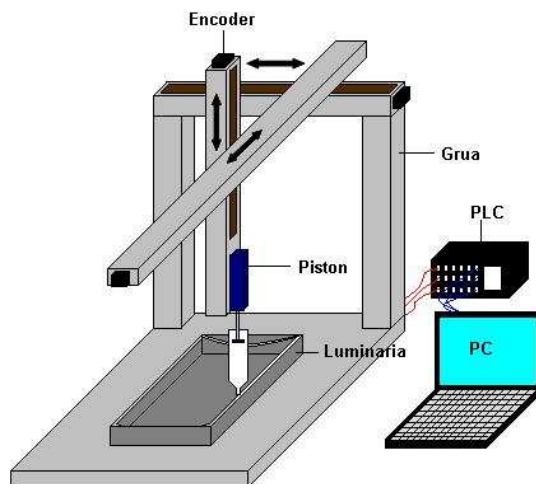


En la Figura 10 Identificamos las posibles combinaciones de soluciones para las subfunciones y obtener una solución completa para el problema.

De ningún modo todas las combinaciones posibles son una solución al problema general o son realizables en la práctica, solo estimula la búsqueda.

A continuación se muestran los bosquejos de los conceptos propuestos:

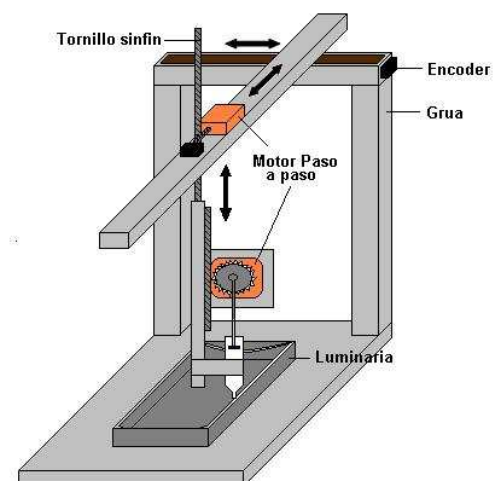
Figura 11. Concepto 1



Concepto 1:

- Motorreductor.
- Pistón.
- Encoder absoluto.
- PLC.
- Grúa cartesiana.
- PC.

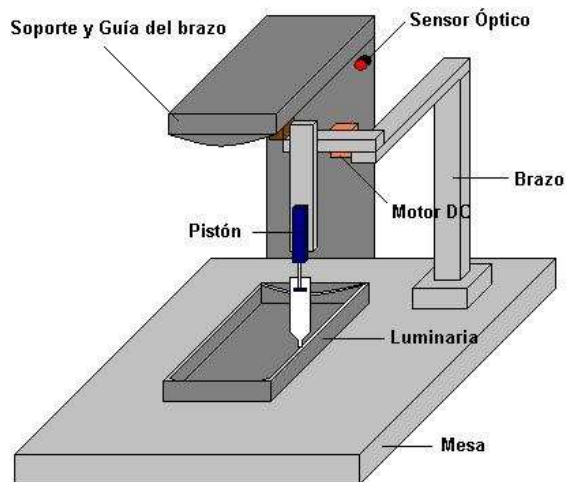
Figura 12. Concepto 2



Concepto 2:

- Motor paso a paso.
- Motor con tornillo sin fin.
- Encoder incremental.
- Microprocesador.
- Grúa cartesiana.
- LCD.

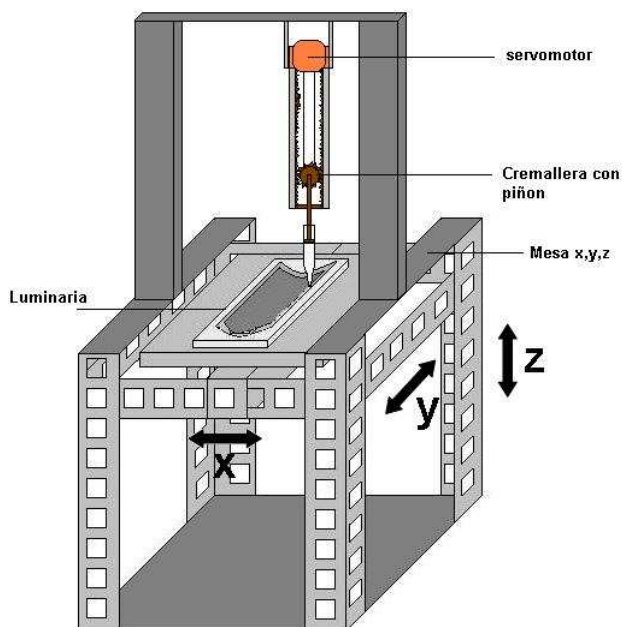
Figura 13. Concepto 3



Concepto 3:

- Motor DC.
- Pistón.
- Sensor óptico.
- PLC o compuertas lógicas.
- Mesa con brazo.
- Display.

Figura 14. Concepto 4



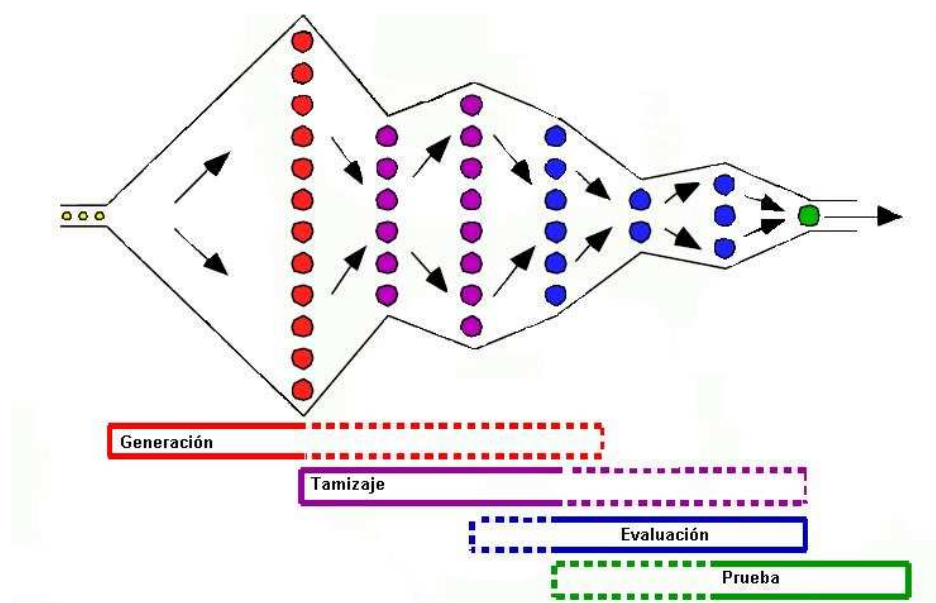
Concepto 4:

- Servomotor.
- Cremallera con piñón.
- Microswitches.
- PC.
- Mesa X,Y,Z.

7.4.2. Selección de conceptos. Para la selección de este concepto se evalúa utilizando como modelo un producto que ya existe en el mercado como referencia y se valoran los conceptos de forma conjunta.

Este es un método estructurado basado en las necesidades más importantes del cliente este método se realiza en dos partes; Una matriz de tamizaje la cual se encarga de filtrar algunos conceptos y una matriz de evaluación donde se escoge el proyecto a realizar.

Figura 15. Embudo de la selección de conceptos



Como referencia para comparar los conceptos utilizamos Robot TMB100 ya antes mencionado en el Benchmarking debido a que a mi concepto fue el modelo más competitivo y además cumple a cabalidad la mayoría de las necesidades del cliente.

Esta comparación de conceptos la podemos visualizar en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de tamizaje

Criterios de selección	Conceptos				Ref.
	1	2	3	4	
Dimensiones	negativo	negativo	positivo	negativo	0
Velocidad	negativo	negativo	positivo	negativo	0
Resolución en movimientos	positivo	0	0	negativo	0
Estética y diseño	0	0	0	0	0
Compatibilidad con luminarias	positivo	positivo	positivo	positivo	0
Potencia de funcionamiento	negativo	negativo	positivo	negativo	0
Capacidad de carga	positivo	positivo	0	positivo	0
Ruido	0	negativo	0	0	0
Desperdicio de material	0	negativo	positivo	0	0
Señales de los sensores	positivo	positivo	negativo	positivo	0
Positivos					
4					
Iguales					
4					
Negativos					
3					
Total					
1					
¿Continuar?					
SI					
NO					
SI					
NO					

Positivo: Mejor que...

0: Igual que...

Negativo: Peor que...

Tabla 8. Matriz de evaluación de conceptos

		Conceptos					
Criterios de selección	Ponderación %	1		3		Ref.	
Dimensiones	10	2	0,2	5	0,5	3	0,3
Velocidad	10	2	0,2	5	0,5	3	0,3
Resolución en movimientos	15	5	0,75	3	0,45	5	0,75
Estética y diseño	5	4	0,2	4	0,2	5	0,25
Compatibilidad con luminarias	20	5	1	5	1	3	0,6
Potencia de funcionamiento	10	3	0,3	5	0,5	4	0,4
Capacidad de carga	10	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Ruido	5	3	0,15	4	0,2	5	0,25
Desperdicio de material	10	4	0,4	5	0,5	4	0,4
Señales de los sensores	5	5	0,25	4	0,2	5	0,25
Total		3,85		4,45		3,9	
¿Desarrollar?		NO		Desarrollar			

- 1 Mucho peor que...
- 2 Peor que...
- 3 Igual que...
- 4 Mejor que...
- 5 Mucho mejor que...

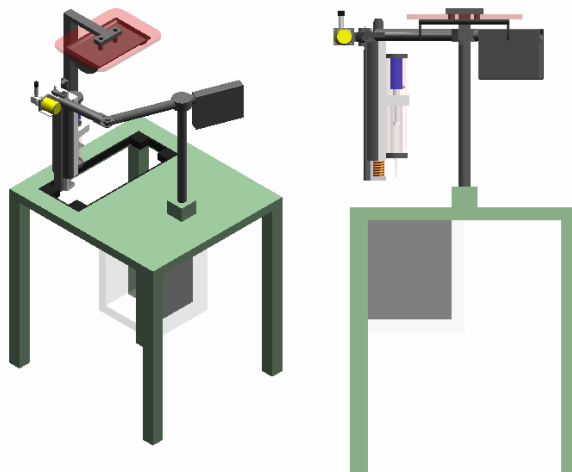
7.4.3 Prueba de conceptos. La prueba de conceptos se realizó utilizando el método de pasa / no pasa, tomando cada una de las subfunciones y realizándoles pruebas para comprobar la viabilidad del concepto seleccionado.

El concepto que se seleccionó fue el número 3 debido a que este obtuvo la mayor calificación en las pruebas realizadas, además cumplía las principales necesidades del cliente y su diseño es el más sencillo.

7.5 ESPECIFICACIONES FINALES DE DISEÑO

Diseño de máquina que inyecta silicona líquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2, con el fin de automatizar este proceso en la empresa.

Figura 16. Diseño escogido (Concepto 3)



Este diseño se escogió analizando las necesidades planteadas por el cliente, su diseño es resistente ya que tiene que soportar largas jornadas de trabajo y muchas repeticiones diarias.

Como resultado de la segunda etapa del proceso de diseño y desarrollo se obtiene la tabla de especificaciones finales, las cuales son fundamento para llevar a cabo la etapa de diseño detallado. Estas especificaciones al estar sujetas a un proceso de diseño, pueden variar en el transcurso del mismo, debido a cambios o eventos inesperados.

Tabla 9. Especificaciones técnicas

# Métricas	Métrica	Imp.	Unidad	Valor
1	Dimensiones (ancho,alto,largo)	4	cm.	85x80x70
2	Velocidad	5	rpm	132
3	Resolución en movimientos	5	lista 1	lista 1
4	Estética y diseño	3	lista 2	lista 2
5	Compatibilidad con luminarias	5	mm.	2
6	Potencia de funcionamiento	4	wats.	80
7	Capacidad de carga	5	gr.	30
8	Ruido	3	Decibel	70
9	Desperdicio de material	5	lista 3	lista 3
10	Señales de los sensores	5	mms.	0.03

Lista 1 (Resolución de movimientos)	Unidades
Rotacional	°
Trasnacional	mm

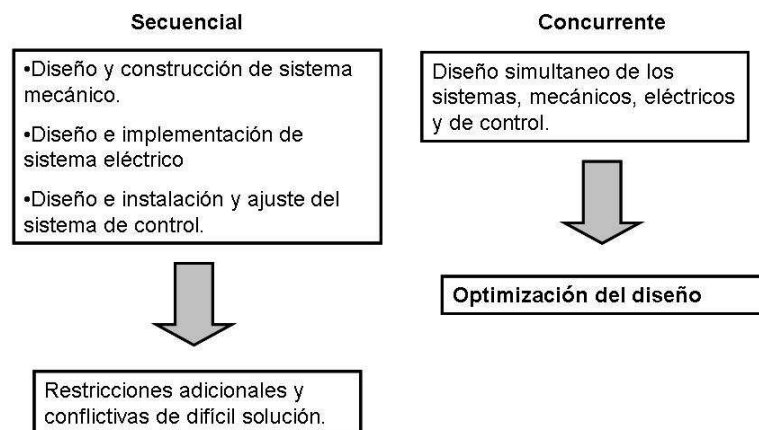
lista 2 (Estética y Diseño)	Unidades
Fácil de usar (botones para funcionamiento)	#
Diseño atractivo	Subj.
Resistencia de materiales	Pa
Ergonomía	Subj.
Presupuesto	Pesos

Lista 3 (Desperdicio de material)	Unidades
Excesos de silicona	mgr.
Energía	J
Aplicación de silicona	mgr./mmts

7.6. DISEÑO DETALLADO

Diseño de maquina que inyecta silicona liquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2, la realización del diseño detallado se dividió en 5 etapas; documentación mecánica, documentación electrónica, diseño arquitectural, diagramas de flujo, y selección de los componentes; las cuales se trabajaran en forma concurrente.

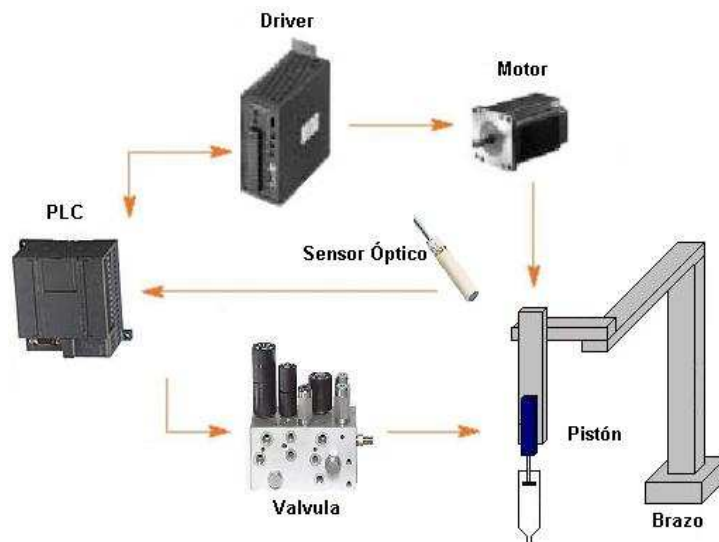
Figura 17. Diseño secuencia Vs. Concurrente



La figura 17 muestra de manera grafica las ventajas que tiene el diseño concurrente ante el diseño secuencial y por este motivo el diseño se realizara de forma concurrente para lograr un diseño mas optimo.

En la figura 18 observamos el Esquema funcional del proyecto, donde encontramos los elementos que ejecutan las funciones principales de la maquina; encontramos un driver que va a ser el encargado de controlar el movimiento del motor, un sensor óptico que informa cuando el sistema termina de hacer el recorrido, una válvula que va a controlar la posición del pistón y todo esto se controla a través de un PLC.

Figura 18. Esquema funcional



7.6.1. Convertir energía a movimiento rotacional. Para el concepto seleccionado se decide utilizar un motor DC con un reductor, ya que posee la fuerza y el torque necesario para mover el sistema, además su control es fácil. Existen muchos tipos de motores DC en el mercado para saber cual de ellos sirve para el proyecto se deben ver las características del motor, las cuales se analizaran mas adelante.

7.6.2. Sensor de posición. Para el concepto seleccionado se decide utilizar un sensor óptico, ya que este posee una gran precisión, una rápida respuesta a las señales, además es muy económico, fácil de usar y existe gran variedad en el mercado.

7.6.3. Convertir energía a movimiento traslacional. Para el concepto seleccionado se decide utilizar un pistón, ya que posee la fuerza necesaria para inyectar la silicona, además son fáciles de utilizar y existe gran variedad de estos en el mercado, los más comunes son de efecto simple y efecto doble.

7.6.4. Controlar la presión. Para el concepto seleccionado se decide utilizar una válvula para facilitar el funcionamiento del pistón, las válvulas controlan el flujo y la dirección de gas que entra en el pistón permitiendo que este salga o entre a una velocidad y posición deseada.

7.6.5. Control del movimiento rotacional. Para el concepto seleccionado se decide utilizar un Drive o controlador de velocidades del motor, esto con el fin de facilitar la utilización y tener un mejor control del motor. Además de proteger el sistema eléctrico.

7.6.6. Control del sistema. Para el concepto seleccionado se decide utilizar un PLC. Los PLC son muy utilizados en la industria por su facilidad de programación, por su capacidad de funcionamiento en tiempo real y este va ser el encargado de procesar las señales y controlar todo el sistema.

8. DISEÑO ARQUITECTURAL

Para realizar este proceso se elaboró un modelamiento de las especificaciones con representaciones gráficas y textuales, lo que nos permite descomponer el sistema en varios objetos y de esta manera simplificar y optimizar la elaboración de los respectivos cálculos. Esto contribuye a brindar un diseño consistente que cumple con las especificaciones de los requerimientos.

8.1. DOCUMENTACIÓN MECÁNICA

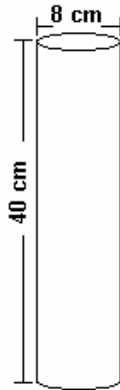
La documentación mecánica de la máquina de pegado consta de dos etapas; planos de partes propias del sistema y lista de partes.

8.1.1. Planos de partes propias. Para la elaboración de las partes de este diseño se tuvo en cuenta las diferentes variables que actúan sobre el sistema (Inercias como el peso del sistema y la estructura), también se tuvo en cuenta el comportamiento, peso, forma y tamaño del el pistón y motor, para sus respectivos soporte por que estos en si, forman la estructura principal del diseño total.

8.1.2. Piezas. El diseño de las piezas se realizo teniendo en cuenta los componentes que se deben utilizar tales como el tubo de silicona, la luminaria. De ahí partimos a diseñar las piezas teniendo en cuenta el tamaño, la forma y el peso de estos elementos. Y se trabaja con la densidad del aluminio que es el material requerido para dicha pieza debido a que la empresa trabaja con aluminio y ellos pueden fabricar estas piezas para una mayor economía, para saber las propiedades del aluminio ver Anexo A.

Cálculos de pesos de las piezas:

Figura 19. Pieza1 Contenedor del pistón y la silicona



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (4\text{cm})^2 \times 40\text{cm}$$

$$V = 2010,62\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

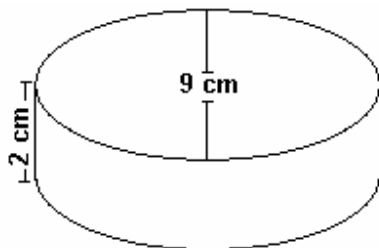
$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (2010,62\text{cm}^3)$$

$$m = 5428,67\text{g} \cong 5,43\text{Kg}$$

$$W_1 = (5,43\text{Kg}) \times (9,8\text{m} / \text{s}^2) \rightarrow \|W_1 = 53,21\text{N}\|$$

Contenedor del pistón y la silicona: Esta pieza es la encargada de unir y soportar el pistón y el tubo de silicona.

Figura 19-1. Tapas del contenedor del pistón y la silicona



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (9\text{cm})^2 \times 2\text{cm}$$

$$V = 508,93\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (508,93\text{cm}^3)$$

$$m = 1374,11\text{g} \cong 1,37\text{Kg}$$

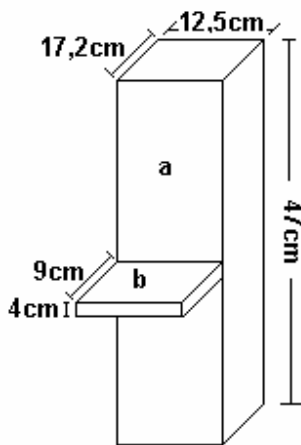
$$W_{1-1} = (1,37\text{Kg}) \times (9,8\text{m} / \text{s}^2) \rightarrow W_{1-1} = 13,43\text{N}$$

Como son 2 tapas una arriba y otra abajo el peso se multiplica por 2 entonces:

$$W_{1-1} = 13,43\text{N} \times 2 \rightarrow \|W_{1-1} = 26,86\text{N}\|$$

Tapas del contenedor del pistón y la silicona: Estas piezas son las tapas del contenedor las cuales son las encargadas de asegurar el pistón y la silicona y facilitan el cambio de tubo de silicona.

Figura 20. Pieza 2 soporte del contenedor pistón – silicona



$$\text{a) } \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_a = l \times a \times h \rightarrow V_a = (17,2\text{cm}) \times (47\text{cm}) \times (12,5\text{cm})$$

$$V_a = 10105\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g/cm}^3$$

$$m_a = \rho \times V_a \rightarrow (2,7\text{g/cm}^3) \times (10105\text{cm}^3)$$

$$m_a = 27283,50\text{g} \cong 27,28\text{Kg}$$

$$\text{b) } \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_b = l \times a \times h \rightarrow V_b = (9\text{cm}) \times (4\text{cm}) \times (12,5\text{cm})$$

$$V_b = 450\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g/cm}^3$$

$$m_b = \rho \times V_b \rightarrow (2,7\text{g/cm}^3) \times (450\text{cm}^3)$$

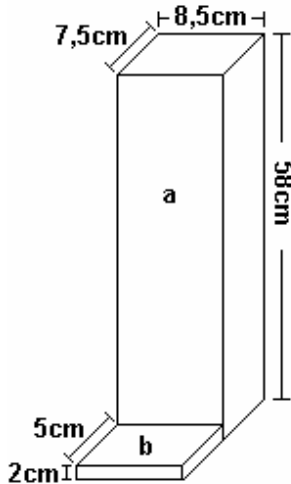
$$m_b = 1215\text{g} \cong 1,22\text{Kg}$$

$$m_t = m_a + m_b = 28,50\text{Kg}$$

$$W_2 = (28,50\text{Kg}) \times (9,8\text{m/s}^2) \rightarrow \|W_2 = 279,30\text{N}\|$$

Soporte del contenedor: Esta pieza es la encargada de sostener el contenedor donde se encuentra el pistón y la silicona.

Figura 21. Pieza 3 sujetador guía del soporte



$$\mathbf{a)} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$V = l \times a \times h \rightarrow V = (7,5\text{cm}) \times (8,5\text{cm}) \times (58\text{cm})$$

$$V = 3697,50\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (3697,50\text{cm}^3)$$

$$m_a = 9983,25\text{g} \cong 9,98\text{Kg}$$

$$\mathbf{b)} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_b = l \times a \times h \rightarrow V = (2\text{cm}) \times (5\text{cm}) \times (8,5\text{cm})$$

$$V_b = 85\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

$$m_b = \rho \times V_b \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (85\text{cm}^3)$$

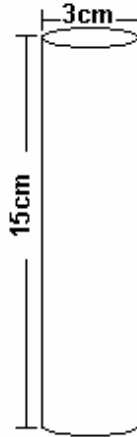
$$m_b = 229,50\text{g} \cong 0,23\text{Kg}$$

$$m_t = m_a + m_b = 10,21\text{Kg}$$

$$W_3 = (10,21\text{Kg}) \times (9,8\text{m} / \text{s}^2) \rightarrow \|W_3 = 100,10\text{N}\|$$

Sujetador guía del soporte: Esta pieza sirve como sujetador guía del soporte, permite que el soporte se desplace arriba o abajo con la ayuda de un resorte.

Figura 22. Pieza 4 Eje de abajo del soporte



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (1,5\text{cm})^2 \times 15\text{cm}$$

$$V = 106,03\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

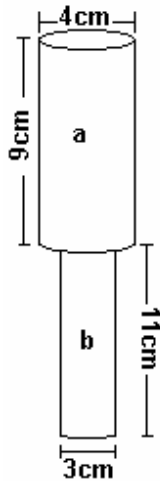
$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (106,032\text{cm}^3)$$

$$m = 286,28\text{g} \cong 0,29\text{Kg}$$

$$W_4 = (0,29\text{Kg}) \times (9,8\text{m} / \text{s}^2) \rightarrow \|W_4 = 2,84\text{N}\|$$

Eje de abajo del soporte: Este pieza sirve como eje de apoyo para el soporte y también como guía del resorte.

Figura 23. Pieza 5 eje de arriba del soporte



$$\text{a) } \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_a = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (2\text{cm})^2 \times 9\text{cm}$$

$$V_a = 113,10\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

$$m_a = \rho \times V_a \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (113,10\text{cm}^3)$$

$$m_a = 305,37\text{g} \cong 0,31\text{Kg}$$

$$\text{b) } \rho = \frac{m}{V}$$

$$V_b = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (1,5\text{cm})^2 \times 11\text{cm}$$

$$V_b = 77,75\text{cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7\text{g} / \text{cm}^3$$

$$m_b = \rho \times V_b \rightarrow (2,7\text{g} / \text{cm}^3) \times (77,75\text{cm}^3)$$

$$m_b = 209,92\text{g} \cong 0,21\text{Kg}$$

$$m_t = m_a + m_b = 0,52Kg$$

$$W_5 = (0,52Kg) \times (9,8m/s^2) \rightarrow \|W_5 = 5,10N\|$$

Eje de arriba del soporte: Esta pieza es la encargada de ejercer presión al soporte para que este baje, esta presión la ejerce con ayuda de otra pieza llamada tablero guía que será analizada mas adelante. Esto con el fin de darle al pegado la forma de la luminaria.

Para completar el sistema de pegado hace falta el peso del tubo de silicona y el peso del pistón, el peso del tubo de silicona llena se obtiene de las especificaciones del producto, para el pistón será el peso promedio de pistones que se encuentran en el mercado ya que tienen un peso parecido y además es un peso muy pequeño que no van a alterar los cálculos, las características del pistón se analizaran mas adelante.

Peso de la silicona: 0,03 Kg.

$$W_6 = (0,03Kg) \times (9,8m/s^2) \rightarrow \|W_6 = 0,29N\|$$

Peso del Pistón: 0,61 Kg.

$$W_7 = (0,61Kg) \times (9,8m/s^2) \rightarrow \|W_7 = 5,98N\|$$

Para calcular el peso del motor y el del reductor de velocidad, Se realizo el mismo análisis utilizado en el pistón se toma el promedio de los pesos de motores encontrados en el mercado, esto con el fin de poder realizar el diseño de las vigas que para nuestro diseño se llamaran brazos, de igual forma el análisis de estos elementos lo realizaremos mas adelante.

Peso del motor y el reductor: 18,30 Kg.

$$W_8 = (18,30Kg) \times (9,8m/s^2) \rightarrow \|W_8 = 179,34N\|$$

Una vez calculados todos los pesos que va a soportar el brazo 3, se suma el peso de cada uno de los componentes y se obtiene el peso total que va actuar sobre dicho brazo.

Los pesos del 1 al 7 son los que representan el conjunto de pegado y al sumarlos se halla la primera ecuación.

$$\text{Ecuación 1} \longrightarrow W_{\text{Conjunto}} = W_1 + W_{1-1} + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7$$

$$W_{\text{Conjunto}} = 53,21N + 26,86N + 279,30N + 100,10N + 2,84N + 5,10N + 0,29N + 5,98N$$

$$W_{\text{Conjunto}} = 473,68N$$

Los pesos del motor y el reductor representa el peso del sistema de rotación y la segunda ecuación.

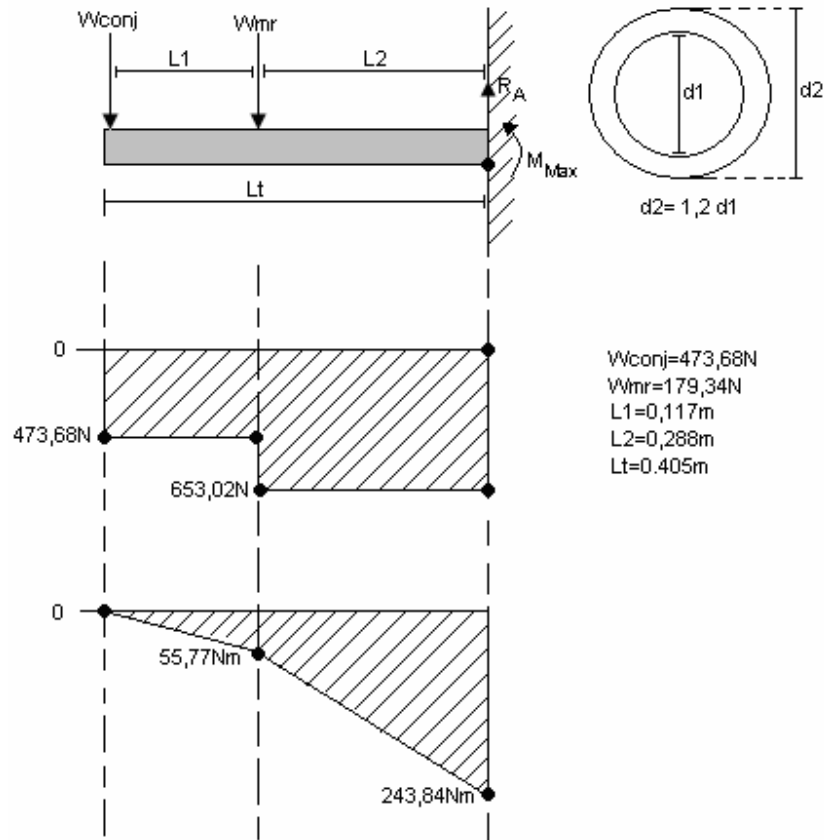
$$\text{Ecuación 2} \longrightarrow W_{\text{Motor-reductor}} = 179,34N$$

Con estas ecuaciones se procede a realizar el diseño del brazo 3 el cual va a soportar estos pesos.

8.1.3. Diseño de vigas. A continuación se calcula el diámetro de las vigas que se encuentran en la estructura, cada uno de los componentes que esta sobre las vigas se toma como una caja llena para calcular sus pesos y así diseñar las vigas sobre sus casos más críticos.

Diseño del brazo 3. Debido a la posición horizontal de este brazo se hace el análisis de fatiga por flexión para el respectivo cálculo de su diámetro. Se decidió a realizar el brazo cilíndrico ya que se probaron diferentes perfiles y este fue el que dio mejores resultados ver Anexo B, además el brazo va estar sometido a fuerzas en el eje “y” y el eje “x” y por ser cilíndrico nos garantiza que los esfuerzos en los 2 ejes son iguales esto gracias a la simetría del cilindro. Este cilindro se realizara hueco para disminuir peso y hacerlo mas económico.

Figura 24. Diagrama de cuerpo libre, momento máximo del brazo 3



$$M_{Max} = W_{Conj} \times L_t + W_{mr} \times L_2 \rightarrow M_{Max} = (473,68N) \times (0,405m) + (179,34N) \times (0,288m)$$

$$\|M_{Max} = 243,84Nm\|$$

$$R_A = W_{Conj} + W_{mr} \rightarrow R_A = 473,68N + 179,34N \rightarrow \|R_A = 653,02N\|$$

Como se muestra en la figura 24 la fuerza máxima es de 653,02N y el momento máximo es 243,84Nm, se preceden a realizar los siguientes cálculos.

Diseño por flexión del brazo 3.

Ecuación 3 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{Max} \times C}{I} \therefore C = \frac{d_2}{2} \therefore I = \frac{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}{64}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\frac{M_{Max} \times d_2}{2}}{\frac{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}{64}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}$$

En la ecuación 3 se tienen 2 diámetros a encontrar d_2 y d_1 para poderlos hallar se realiza una relación entre ellos $d_2=1,2 d_1$ y se reemplaza en la ecuación 3 entonces:

Ecuación 4 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times \left(d_2^4 - \left(\frac{d_2}{1,2} \right)^4 \right)} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times \left(\frac{1,074 d_2^4}{2,074} \right)} \Rightarrow$$

$$\sigma_{adm} = \frac{19,67 \times M_{Max}}{d_2^3} \Rightarrow d_2 = \sqrt[3]{\frac{19,67 \times M_{Max}}{\sigma_{adm}}}$$

Para hallar el d_2 se tiene el momento máximo (M_{Max}) 243,84Nm pero falta el esfuerzo de flexión admisible (δ_{Adm}), como el material a utilizar es el aluminio se busca en tablas el esfuerzo de flexión del aluminio (δ_y) que es 95MPa y para encontrar el esfuerzo de flexión admisible se aplica la ecuación 5.

Ecuación 5 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{F.S} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{95MPa}{2} \Rightarrow \sigma_{adm} = 47,5MPa$$

Donde F.S es el factor de seguridad, para este tipo de diseños se utiliza un factor de seguridad de 2. Se reemplaza los valores en la ecuación 4 para encontrar el diámetro del brazo 3.

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{19,67 \times 243,84 Nm}{47,5 \times 10^6 Pa}} \rightarrow d_2 = 0,0466m \cong 0,047m \rightarrow \|d_2 = 4,7cm\|$$

Como $d_2=1,2 d_1$ entonces $d_1 = 3,916cm \cong 3,9cm \rightarrow \|d_1 = 3,9cm\|$

Calculo del peso del brazo 3. Para calcular el peso del brazo 3 tomamos el cilindro como si fuera macizo para realizar el diseño sobre su caso mas critico.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V_{b3} = A \times h \rightarrow V_{b3} = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V_{b3} = \pi (2,35cm)^2 \times 40,5cm$$

$$V_{b3} = 702,65cm^3$$

$$\rho_{Aluminio} = 2,7g/cm^3$$

$$m_{b3} = \rho \times V_{b3} \rightarrow (2,7g/cm^3) \times (702,65cm^3)$$

$$m_{b3} = 1897,15g \cong 1,89Kg$$

$$W_{b3} = (1,89Kg) \times (9,8m/s^2) \rightarrow \|W_{b3} = 18,52N\|$$

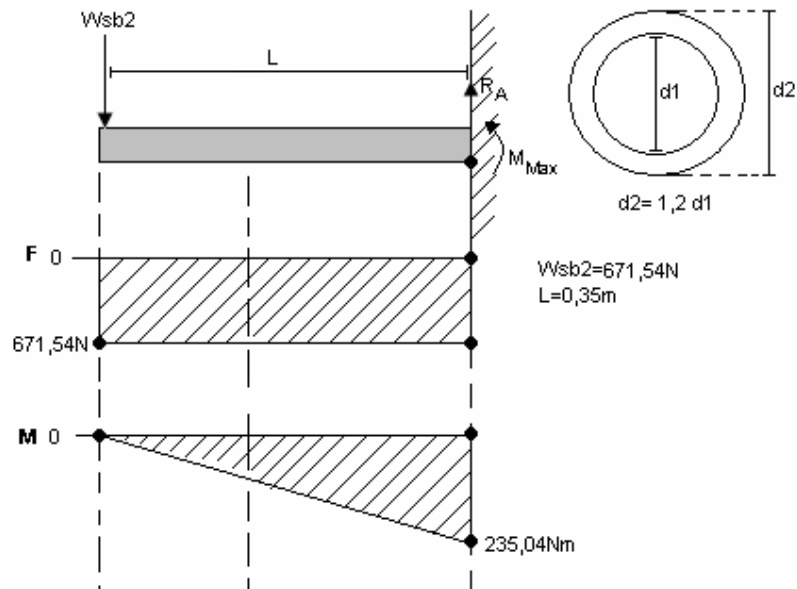
Para diseñar el brazo 2 se necesita saber el peso (W_{sb2}) que va a soportar, el cual hallamos con la ecuación 6.

$$\begin{aligned} W_{sb2} &= W_{conj} + W_{mr} + W_{b3} \\ \text{Ecuación 6} \longrightarrow W_{sb2} &= 473,68N + 179,34N + 18,52N \\ \|W_{sb2} &= 671,54N\| \end{aligned}$$

Con esta ecuación se procede a realizar el diseño del brazo 2 el cual va a soportar este peso. Para la realización del brazo 3 es necesario utilizar como $d_2=48,1$ y $d_1=40,9$ que son diámetros que se encuentran en el mercado ver Anexo C

Diseño del brazo 2. Debido a la posición horizontal de este brazo se hace el análisis de fatiga por flexión para el respectivo cálculo de su diámetro. Se decidió a realizar el brazo cilíndrico ya que se probaron diferentes perfiles y este fue el que dio mejores resultados ver Anexo B, además el brazo va estar sometido a fuerzas en el eje “y” y el eje “x” y por ser cilíndrico nos garantiza que los esfuerzos en los 2 ejes son iguales esto gracias a la simetría del cilindro.

Figura 25. Diagrama de cuerpo libre, momento máximo del brazo 2



$$M_{Max} = W_{sb2} \times L \rightarrow M_{Max} = (671,54N) \times (0,35m)$$

$$\|M_{Max} = 235,04Nm\|$$

$$R_A = W_{sb2} \rightarrow \|R_A = 671,54N\|$$

Como se muestra en la figura 25 la fuerza máxima es de 671,54N y el momento máximo es 235, 04Nm, se preceden a realizar los siguientes cálculos.

Diseño por flexión del brazo 2:

Ecuación 3 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{Max} \times C}{I} \therefore C = \frac{d_2}{2} \therefore I = \frac{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}{64}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\frac{M_{Max} \times d_2}{2}}{\frac{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}{64}} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}$$

En la ecuación 3 se tienen 2 diámetros a encontrar d_2 y d_1 para poderlos hallar se realiza una relación entre ellos $d_2=1,2 d_1$ y se reemplaza en la ecuación 3 entonces:

Ecuación 4 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times \left(d_2^4 - \left(\frac{d_2}{1,2} \right)^4 \right)} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{32 \times M_{Max} d_2}{\pi \times \left(\frac{1,074 d_2^4}{2,074} \right)} \Rightarrow$$

$$\sigma_{adm} = \frac{19,67 \times M_{Max}}{d_2^3} \Rightarrow d_2 = \sqrt[3]{\frac{19,67 \times M_{Max}}{\sigma_{adm}}}$$

Para hallar el d_2 se tiene el momento máximo (M_{Max}) 235,04Nm pero falta el esfuerzo de flexión admisible (σ_{Adm}), como el material a utilizar es el aluminio se busca en tablas el esfuerzo de flexión del aluminio (σ_y) que es 95MPa y para encontrar el esfuerzo de flexión admisible se aplica la ecuación 5.

Ecuación 5 \longrightarrow

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_y}{F.S} \Rightarrow \sigma_{adm} = \frac{95MPa}{2} \Rightarrow \sigma_{adm} = 47,5MPa$$

Donde F.S es el factor de seguridad, para este tipo de diseños se utiliza un factor de seguridad de 2. Se reemplaza los valores en la ecuación 4 para encontrar el diámetro del brazo 2.

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{19,67 \times 235,04Nm}{47,5 \times 10^6 Pa}} \rightarrow d_2 = 0,0459m \cong 0,046m \rightarrow \|d_2 = 4,6cm\|$$

Como $d_2=1,2 d_1$ entonces $d_1 = 3,83cm \cong 3,8cm \rightarrow \|d_1 = 3,8cm\|$

Calculo del peso del brazo 2. Para calcular el peso del brazo 2 tomamos el cilindro como si fuera macizo para realizar el diseño sobre su caso mas critico.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\begin{aligned}
V_{b2} &= A \times h \rightarrow V_{b3} = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V_{b2} = \pi(2,3\text{cm})^2 \times 35\text{cm} \\
V_{b2} &= 581,67\text{cm}^3 \\
\rho_{\text{Aluminio}} &= 2,7\text{g/cm}^3 \\
m_{b2} &= \rho \times V_{b2} \rightarrow (2,7\text{g/cm}^3) \times (581,67\text{cm}^3) \\
m_{b2} &= 1570,51\text{g} \cong 1,57\text{Kg} \\
W_{b2} &= (1,57\text{Kg}) \times (9,8\text{m/s}^2) \rightarrow \|W_{b2} = 15,39\text{N}\|
\end{aligned}$$

Para equilibrar el sistema y quitarle carga al motor, al brazo 2 se le va a colocar un contrapeso al otro extremo del brazo, este contrapeso tendrá un peso igual al peso del brazo 3 con todos sus componentes más el peso del brazo 2 con todos sus componentes. De esta manera el brazo 2 vencerá la inercia con mayor facilidad y se podrá mover libremente

Para diseñar el brazo 1 se necesita saber la fuerza (P) que va a soportar, la cual hallamos con la ecuación 7.

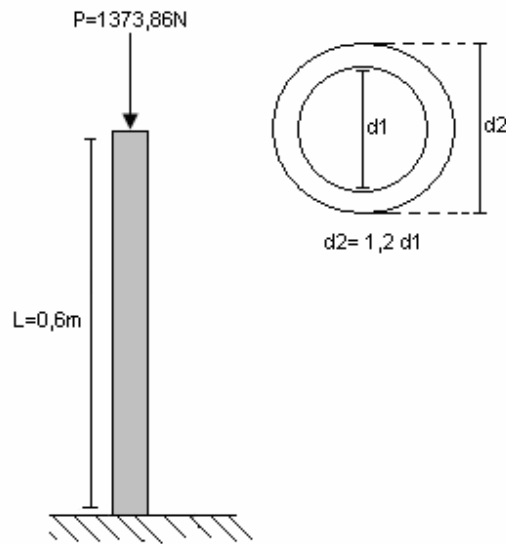
$$\begin{aligned}
P &= (W_{sb2} + W_{b2}) \times 2 \\
\text{Ecuación 7} \longrightarrow P &= (671,54\text{N} + 15,39\text{N}) \times 2 \\
\|P &= 1373,86\text{N}\|
\end{aligned}$$

Con esta ecuación se procede a realizar el diseño del brazo 2 el cual va a soportar este peso. Para la realización del brazo 2 es necesario utilizar como $d_2=48,1$ y $d_1=40,9$ que son diámetros que se encuentran en el mercado ver Anexo C

Diseño del brazo 1. Debido a la posición vertical de este brazo se hace el análisis de columna utilizando el teorema de Euler para el respectivo cálculo de su diámetro. Se decidió a realizar el brazo cilíndrico ya que se probaron diferentes perfiles y este fue el que dio mejores resultados.

Este cilindro se realizara hueco para disminuir peso y hacerlo mas económico. El brazo 1 se encuentra empotrado en un extremo y libre en el otro.

Figura 26. Diagrama de cuerpo libre del brazo 1



Para este análisis se utiliza la formula de la columna de Euler.

Ecuación 8 \longrightarrow
$$P_{critica} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_{eq}^2} \therefore I = \frac{\pi \times (d_2^4 - d_1^4)}{64}$$

Donde E es igual al Factor de elasticidad del material en este caso aluminio, que es de 70GPa.

Hay que tener en cuenta que la longitud equivalente cuando la columna esta empotrada en un punto es igual a 2 veces su longitud real.

Ecuación 9 \longrightarrow
$$\begin{aligned} L_{eq} &= L \times 2 \\ L_{eq} &= 0,6m \times 2 \\ L_{eq} &= 1,2m \end{aligned}$$

La fuerza crítica ($P_{critica}$) es igual a la fuerza aplicada por el factor de seguridad que para el diseño de esta maquina es 2.

$$\begin{aligned}
 P_{critica} &= P \times F.S \\
 \text{Ecuación 10} \longrightarrow P_{critica} &= 1373,86N \times 2 \\
 \|P_{critica} &= 2747,72N\|
 \end{aligned}$$

Remplazando la inercia en la ecuación 8 y las ecuaciones 9 y 10 se tiene:

$$\begin{aligned}
 P_{critica} &= \frac{\pi^3 \times E \times (d_2^4 - d_1^4)}{64 \times L_{eq}^2} \Rightarrow \\
 P_{critica} &= \frac{\pi^3 \times E \times (0,52d_2^4)}{64 \times L_{eq}^2} \Rightarrow \\
 \text{Ecuación 11} \longrightarrow d_2 &= \sqrt[4]{\frac{(64) \times (L_{eq}^2) \times (P_{critica})}{(\pi^3) \times (E) \times (0,52)}} \Rightarrow \\
 d_2 &= \sqrt[4]{\frac{(64) \times (1,2m^2) \times (2747,72N)}{(\pi^3) \times (70 \times 10^9 Pa) \times (0,52)}} \Rightarrow d_2 = 0.021m \cong 2.1cm \\
 \|d_2 &= 2.1cm\|
 \end{aligned}$$

Como $d_2=1,2 d_1$ entonces $d_1 = 1,75cm \cong 1,8cm \rightarrow \|d_1 = 1,8cm\|$

Para la realización del brazo 1 es necesario utilizar como $d_2=48,1$ y $d_1=40,9$ que son diámetros que se encuentran en el mercado ver Anexo C.

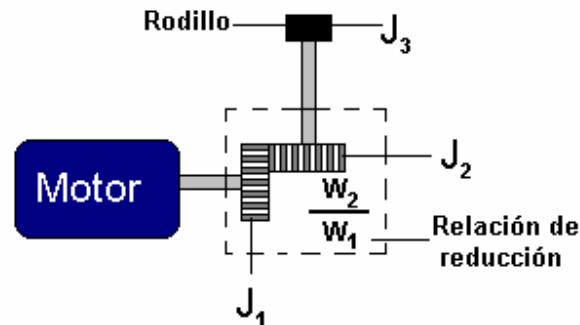
8.1.4. Características del Motor. Después de diseñar las piezas de la maquina y diseñar las vigas se procede a realizarse los cálculos para saber que motor se puede utilizar y encontrar las características principales, y por ultimo se calculan las características principales que debe de tener el pistón.

Cálculos del motor. En esta parte del trabajo se procede a encontrar las características principales que debe de tener el motor, teniendo en cuenta el torque y la inercia, la velocidad y el tiempo. Esto lo podemos calcular utilizando la ecuación de torque.

$$\text{Ecuación 12} \longrightarrow T = \alpha \times J$$

Para el diseño de la maquina se necesita un reductor de velocidad que además le cambia el sentido de giro al motor como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Motor con reductor de velocidad



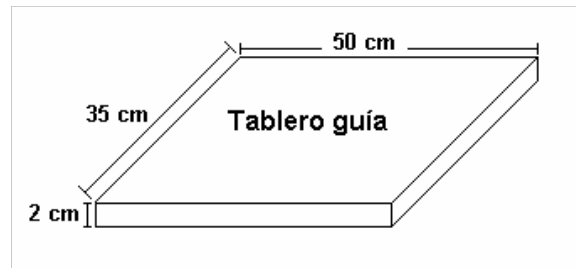
Cálculo de la inercia de masa (J). Como se tienen varias inercias (J) se encuentra la inercia equivalente (J_{eq}).

Ecuación 13 \longrightarrow
$$J_{eq} = J_1 + J_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 + J_3 + J_4$$

La ecuación 13 nos muestra la relación de la figura 27 donde J_1 es igual a la inercia del piñón que esta sujeto al eje del motor, la J_2 es igual a la inercia del piñón que realiza el cambio de giro multiplicado por la relación de reducción, la J_3 es igual a la inercia del rodillo de contacto y la J_4 es igual a la inercia de la carga que va a mover el motor (la inercia de los brazos con sus componentes).

Se necesita encontrar el valor de las J y la relación de reducción, para encontrar el valor de la reducción es necesario saber que distancian va a recorrer el rodillo, esto quiere decir cual es el perímetro del tablero guía y el numero de vueltas que necesita dar el rodillo para recorrer esta distancia.

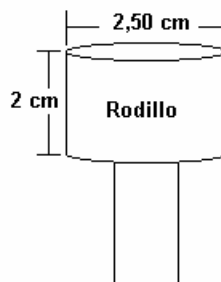
Figura 28. Perímetro del tablero guía



Se calcula el perímetro del tablero guía:

Ecuación 14 \longrightarrow
$$\begin{aligned} Perimetro1 &= 50cm + 50cm + 35cm + 35cm \\ Perimetro1 &= 170cm \end{aligned}$$

Figura 29. Perímetro del rodillo



Se calcula el perímetro del rodillo:

Ecuación 15 \longrightarrow
$$\begin{aligned} Perimetro2 &= \pi \times d \rightarrow Perimetro = \pi \times 2,50cm \\ Perimetro2 &= 7,85cm \end{aligned}$$

Ahora se necesita saber el número de vueltas que tiene que dar el rodillo para recorrer el tablero guía.

$$\#vuel\text{tas} = \frac{\text{Perimetro1}}{\text{Perimetro2}}$$

Ecuación 16 → $\#vuel\text{tas} = \frac{170\text{cm}}{7,85\text{cm}}$

$$\#vuel\text{tas} = 21,65 \cong 22vuel\text{tas}$$

Como el tiempo que se desea que el rodillo realice el recorrido es de 10 segundos, entonces se divide el número de vueltas entre los 10 segundos para hallar las revoluciones por segundo.

$$\text{velocidad} = \frac{\#vuel\text{tas}}{t}$$

Ecuación 17 → $\text{velocidad} = \frac{22vuel\text{tas}}{10\text{seg}}$

$$\text{velocidad} = 2,2\text{RPS}$$

Estas revoluciones por segundo se conviertan a revoluciones por minuto.

Ecuación 18 → $\text{velocidad} = 2,2 \frac{\text{Rev}}{\text{seg}} \times 60 \frac{\text{seg}}{\text{min}}$

$$\text{velocidad} = 132\text{RPM}$$

Teniendo las revoluciones por minuto del motor (W_2), las dividimos por las revoluciones por minuto que necesitamos (W_1). La velocidad del motor es de 1.800 RPM, a si se obtiene la relación de reducción de velocidad (R.R).

$$R.R = \frac{W_2}{W_1}$$

Ecuación 19 → $R.R = \frac{1800\text{RPM}}{132\text{RPM}}$

$$R.R = 13,63$$

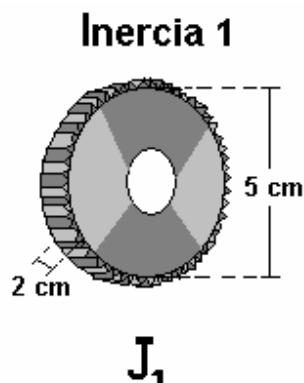
Se necesita encontrar la inercia equivalente para eso se tienen que hallar J_1 , J_2 , J_3 y J_4 . Para poder hallar estas inercias se utiliza la ecuación 20.

Ecuación 20 $\longrightarrow J = \frac{1}{2}mr^2$

Donde J es la inercia de masa de los piñones y del rodillo.

Calculo de la inercia J_1 . Para calcular la inercia de masa se debe de averiguar la masa del piñón, para esto se tiene que diseñar.

Figura 30. Inercia del piñón 1



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (2,5 \text{ cm})^2 \times 2 \text{ cm}$$

$$V = 39,27 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7 \text{ g / cm}^3$$

$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7 \text{ g / cm}^3) \times (39,27 \text{ cm}^3)$$

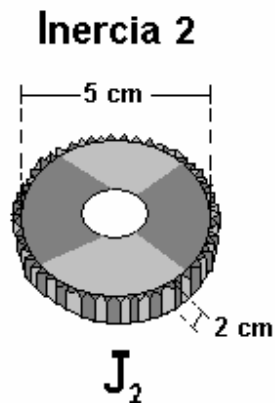
$$m = 106,03 \text{ g} \cong 0,106 \text{ Kg}$$

Se aplica la ecuación 20, entonces:

$$J_1 = \frac{1}{2}mr^2 \rightarrow J_1 = \frac{1}{2}(0,106 \text{ Kg}) \times (0,025 \text{ m})^2 \rightarrow \|J_1 = 3,31 \times 10^{-5} \text{ Kg m}^2\|$$

Calculo de la inercia J_2 . Para calcular la inercia de masa se debe de averiguar la masa del piñón, para esto se tiene que diseñar.

Figura 31. Inercia del piñón 2



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (2,5 \text{ cm})^2 \times 2 \text{ cm}$$

$$V = 39,27 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7 \text{ g / cm}^3$$

$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7 \text{ g / cm}^3) \times (39,27 \text{ cm}^3)$$

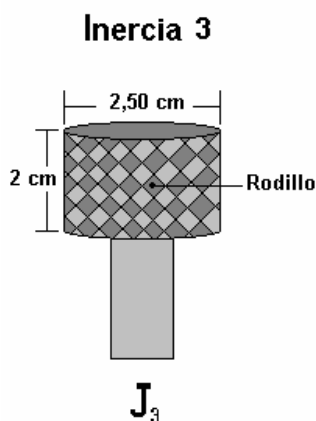
$$m = 106,03 \text{ g} \cong 0,106 \text{ Kg}$$

Se aplica la ecuación 20, entonces:

$$J_2 = \frac{1}{2} m r^2 \rightarrow J_2 = \frac{1}{2} (0,106 \text{ Kg}) \times (0,025 \text{ m})^2 \rightarrow \| J_2 = 3,31 \times 10^{-5} \text{ Kg m}^2 \|$$

Calculo de la inercia J₃. Para calcular la inercia de masa se debe de averiguar la masa del rodillo, para esto se tiene que diseñar.

Figura 32. Inercia del rodillo



$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = A \times h \rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \rightarrow V = \pi (1,25 \text{ cm})^2 \times 2 \text{ cm}$$

$$V = 9,82 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{\text{Aluminio}} = 2,7 \text{ g / cm}^3$$

$$m = \rho \times V \rightarrow (2,7 \text{ g / cm}^3) \times (9,82 \text{ cm}^3)$$

$$m = 26,51 \text{ g} \cong 0,027 \text{ Kg}$$

Se aplica la ecuación 20, entonces:

$$J_3 = \frac{1}{2}mr^2 \rightarrow J_3 = \frac{1}{2}(0,027Kg) \times (0,0125m)^2 \rightarrow \|J_3 = 4,22 \times 10^{-6} Kg m^2\|$$

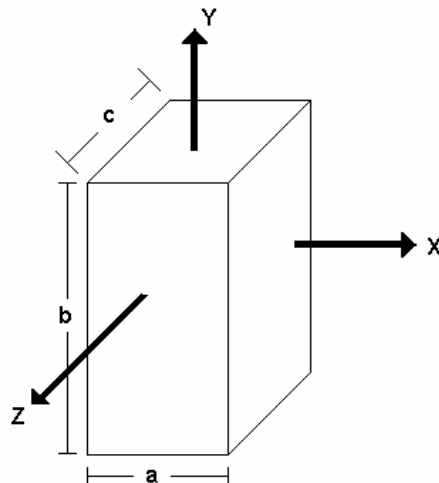
Calculo de la inercia J_4 . Para calcular la inercia de masa se debe de averiguar la masa de la carga que va a mover el motor (m_{carga}), para esto se tiene que calcular:

- Se calcula la inercia de masa del conjunto de las piezas (m_{cp}).
- Se calcula la inercia de masa de los brazos 3 y 2 (m_{b3} y m_{b2}).

Una vez calculada estas inercias se suman y da como resultado la inercia de masa de carga del motor.

Inercia de masa del conjunto de piezas. Para calcular este momento de inercia se toma la masa como un cubo para hacer un mejor diseño.

Figura 33. Momentos de inercia



Se pueden sacar las siguientes ecuaciones de inercia⁸:

$$\text{Ecuación 21} \longrightarrow J_x = \frac{m \times (b^2 + c^2)}{12}$$

$$\text{Ecuación 22} \longrightarrow J_y = \frac{m \times (c^2 + a^2)}{12}$$

$$\text{Ecuación 23} \longrightarrow J_z = \frac{m \times (a^2 + b^2)}{12}$$

Donde a = 12,5cm; b = 58cm; c = 26,2cm, y la masa total de las piezas es de 46.96Kg.

$$\begin{aligned} \diamond J_x &= \frac{46,96Kg \times [(0,58m)^2 + (0,26m)^2]}{12} \\ J_x &= 1,58Kgm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond J_y &= \frac{46,96Kg \times [(0,26m)^2 + (0,125m)^2]}{12} \\ J_y &= 0,346Kgm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond J_z &= \frac{46,96Kg \times (0,58m)^2}{12} \\ J_z &= 1,32Kgm^2 \end{aligned}$$

Se toma la inercia más alta, ya que si el motor puede vencer esta inercia podrá vencer las demás. En este caso es la inercia J_x .

⁸ Norton, Robert L. Diseño de Maquinas. México: Prentice-Hall, 1999. p. 992.

Inercia de masa del brazo 3. Para calcular este momento de inercia se toma la masa del brazo 3 y se le aplica la ecuación 20.

$$J_{b3} = \frac{1}{2}mr^2 \rightarrow J_{b3} = \frac{1}{2}(1,89Kg) \times (0,047m)^2 \rightarrow \|J_{b3} = 2,09 \times 10^{-3} Kg m^2\|$$

Inercia de masa del brazo 2. Para calcular este momento de inercia se toma la masa del brazo 2 y se le aplica la ecuación 20.

$$J_{b2} = \frac{1}{2}mr^2 \rightarrow J_{b2} = \frac{1}{2}(1,57Kg) \times (0,046m)^2 \rightarrow \|J_{b2} = 1,66 \times 10^{-3} Kg m^2\|$$

Ya se puede calcular la inercia de masa de carga que tiene que vencer el motor (J_4).

$$\begin{aligned} J_4 &= J_x + J_{b3} + J_{b2} \\ \text{Ecuación 24} \longrightarrow J_4 &= 1,58 Kg m^2 + 2,09 \times 10^{-3} Kg m^2 + 1,66 \times 10^{-3} Kg m^2 \\ J_4 &= 1,584 Kg m^2 \end{aligned}$$

Con la ecuación 13 se encuentra la inercia de masa equivalente.

$$\begin{aligned} J_{eq} &= J_1 + J_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^2 + J_3 + J_4 \Rightarrow \\ J_{eq} &= 3,31 \times 10^{-5} Kg m^2 + \left[(3,31 \times 10^{-5} Kg m^2) \times (13,63)^2 \right] + 4,22 \times 10^{-6} Kg m^2 + 1,584 Kg m^2 \\ \|J_{eq} &= 1,59 Kg m^2\| \end{aligned}$$

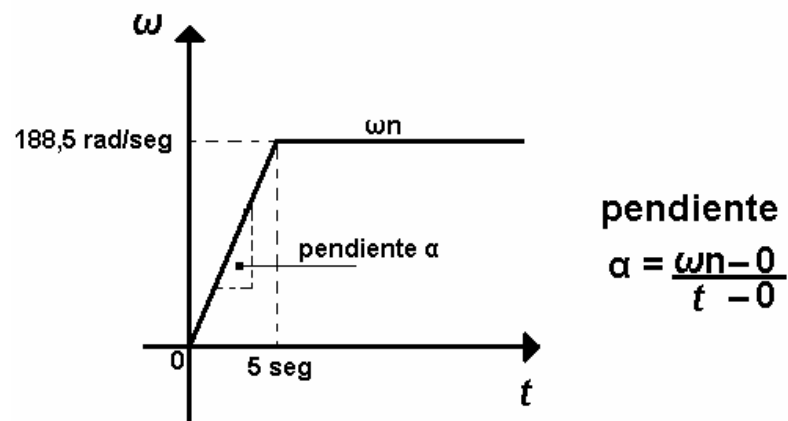
Calculo de la aceleración angular (α). Para la aceleración angular es necesario realizar la grafica velocidad angular (ω) Vs tiempo (t), para poder hallar la aceleración angular. Se sabe que el motor gira a una velocidad (V_m) 1800 RPM entonces se necesita encontrar la velocidad angular.

Ecuación 25 \longrightarrow

$$\omega = \frac{V_m \times 2\pi}{60} \rightarrow \omega = \frac{1800RPM \times 2\pi}{60} \rightarrow$$

$$\omega = 188,49 \frac{rad}{seg}$$

Figura 34. Grafica Velocidad angular (ω) Vs. tiempo (t).



La figura 34 nos muestra que la aceleración angular es igual a la pendiente de la grafica velocidad angular Vs tiempo utilizando la ecuación de la pendiente se encuentra la aceleración angular.

Ecuación 26 \longrightarrow

$$\alpha = \frac{\omega_n - 0}{t - 0} \rightarrow \alpha = \frac{\omega_n}{t} \rightarrow$$

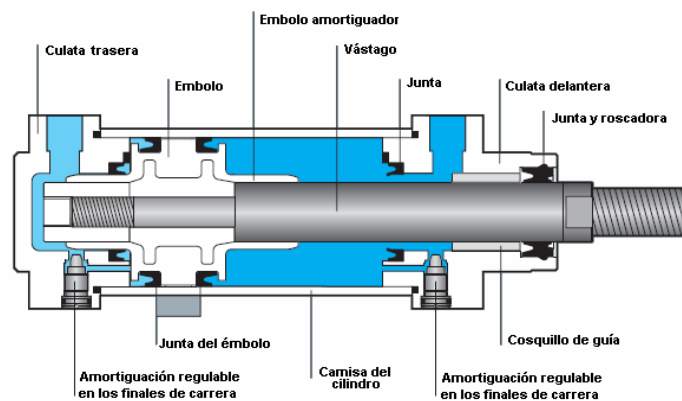
$$\alpha = \frac{188,5 rad / seg}{5 seg} \rightarrow \alpha = 37,7 \frac{rad}{seg^2}$$

Donde ω_n es la velocidad nominal y t es el tiempo que se demora en alcanzar esta velocidad en este caso son 5 seg. Ahora utilizando la ecuación 12 podemos calcular el torque.

$$T = \alpha \times J \rightarrow T = 37,7 \frac{rad}{seg^2} \times 1,59 Kgm^2 \rightarrow \|T = 59,94 Nm\|$$

8.1.5. Características del cilindro pistón. En esta parte del trabajo se procede a encontrar las características principales que debe de tener el pistón, teniendo en cuenta las dimensiones del tubo de silicona. Existen cilindros de efecto simple y de doble efecto para este caso se necesita un cilindro de doble efecto para aplicar la silicona y después retornar a su posición inicial.

Figura 35. Cilindro de doble efecto.



La figura 35 nos muestra un cilindro de doble efecto, las flechas representan la salida y la entrada del aire que es la que permite realizar el movimiento de traslación en los 2 sentidos.

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza del émbolo se calcula con la ecuación 27.

Ecuación 27 $\longrightarrow F = (Presión \times Área) - F_r$

Es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de funcionamiento (presiones de 400 a 800 kPa o 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento (F_r) representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

La ecuación 27 se modifica si la fuerza es de avance o retroceso.

Ecuación 28 \longrightarrow $F_{avance} = \left(\overset{F_t}{Pr esión} \times Área \right) - F_r \therefore Área = \frac{D^2 \times \pi}{4}$

Ecuación 29 \longrightarrow $F_{retroceso} = \left(\overset{F_t}{Pr esión} \times Área' \right) - F_r \therefore Área' = \frac{(D^2 - d^2) \pi}{4}$

Debido a que se necesita un pistón con un diámetro del embolo (D) de 5cm y un diámetro de vástago de vástago (d) de 1,8 cm se calculan las áreas para ver otro diámetro de cilindros pistón de doble efecto ver Anexo G.

$$Área = \frac{D^2 \times \pi}{4} \rightarrow Área = \frac{(5cm)^2 \times \pi}{4} \rightarrow Área = 19,63cm^2 \cong 0,1963m^2$$

$$Área' = \frac{(D^2 - d^2) \pi}{4} \rightarrow Área' = \frac{[(5cm)^2 - (1,8cm)^2] \pi}{4} \rightarrow Área' = 17,08cm^2 \cong 0,1708m^2$$

Como el pistón no necesita de mucha fuerza de empuje para aplicar la silicona se utiliza una presión de trabajo de 5 bares o $5 \times 10^3 N/m^2$.

$$F_{teorica} = Pr esión \times Área \rightarrow F_{teorica} = 5 \times 10^3 \frac{N}{m^2} \times 0,1963m^2 \rightarrow F_{teorica} = 981,5N$$

$$F_{teorica} = Pr esión \times Área \rightarrow F_{teorica} = 5 \times 10^3 \frac{N}{m^2} \times 0,1708m^2 \rightarrow F_{teorica} = 854N$$

La fuerza de rozamiento (F_r) representa un 10% de la fuerza teórica; entonces $F_{avance}=98,15N$ y $F_{retroceso}=85,4N$

$$F_{avance} = 981,5N - 98,15N \rightarrow F_{avance} = 883,35N$$

$$F_{avance} = 854N - 85,4N \rightarrow F_{avance} = 768,6N$$

Para mayor información ver tablas sobre fuerzas y consumo de aire Anexo D. Para que el cilindro pistón pueda funcionar el necesita 2 válvulas, una es la válvula reguladora de aire comprimido y la otra es la electroválvula direccional o de vías.

8.1.6. Características de la válvula. La válvula reguladora⁹ sirve para el tratamiento del aire comprimido y se divide en 3 etapas: filtro, regulador de presión y lubricador.

Figura 36. Válvula reguladora

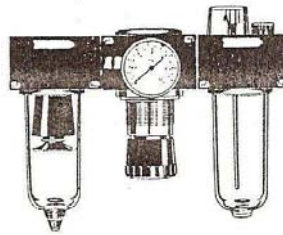
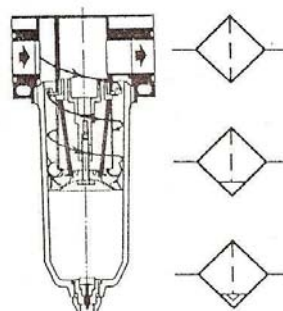


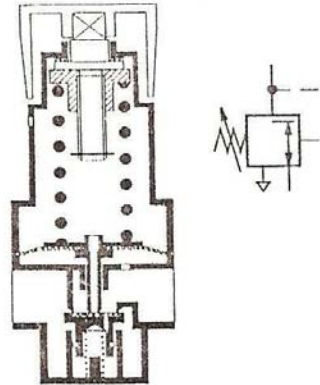
Figura 37. Etapa de filtro de la válvula reguladora



Etapa de filtro. Sirve para la separación de impurezas líquidas y sólidas (suciedad, agua, aceite). El filtrado ocurre en 2 etapas. La separación preliminar es provocada por una rotación a la que está expuesto el aire, generada por un deflector de chapa a la entrada, en definitiva una fuerza centrífuga. La separación fina se produce a través de una capsula filtrante.

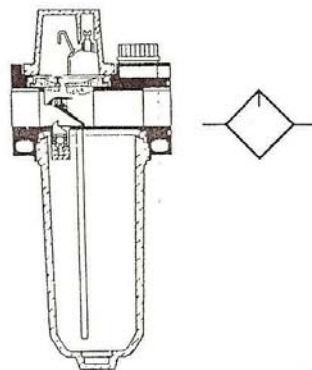
⁹ Aire comprimido como portador de energía [catálogo de neumática]. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente laboratorio de neumática, 2007. p. 38-39.

Figura 38. Regulador de presión



Etapla reguladora de presión. El regulador de presión tiene la misión de mantener la presión constante en el sistema. Esto solo puede lograrse si la presión regulada (presión secundaria) es menor al punto de presión mas bajo del sistema de alimentación (presión primaria). Un regulador puede disminuir la presión, pero no elevarla.

Figura 39. Etapa de lubricación de la válvula reguladora

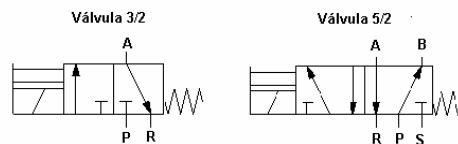


Etapla de lubricación. El lubricador tiene por misión lubricar a todos los componentes de trabajo y de control. El aporte de aceite se logra a través de un

tubo de ascenso, del cual cae al flujo de aire en forma de gotas, y debido a la alta velocidad traída por el aire se pulveriza.

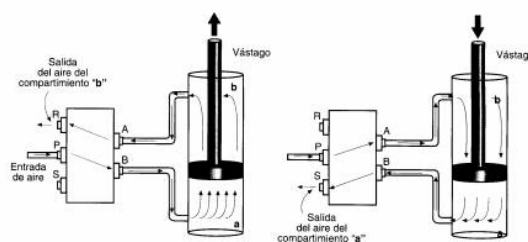
8.1.7. Características de la electroválvula direccional o de vías. Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas. Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, una válvula 3/2 tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes, y una válvula 5/2 tiene 5 orificios o puertos y permite 2 posiciones diferentes.

Figura 40. Símbolos de electroválvulas



La válvula que se necesita para el diseño es una electroválvula 5/2 ya que se necesita que el pistón salga y regrese a su estado inicial. En la figura 40 aparece la ruta que sigue el aire a presión con una válvula 5/2 y un cilindro de doble efecto. La mayoría de las electroválvulas tienen un sistema de accionamiento manual con el cual se pueden activar sin necesidad de utilizar señales eléctricas. Esto se hace solamente en labores de mantenimiento, o simplemente para corroborar el buen funcionamiento de la válvula y del cilindro, así como para verificar la existencia del aire a presión.

Figura 41. Ruta que sigue el aire a presión



8.2. DOCUMENTACIÓN ELECTRÓNICA

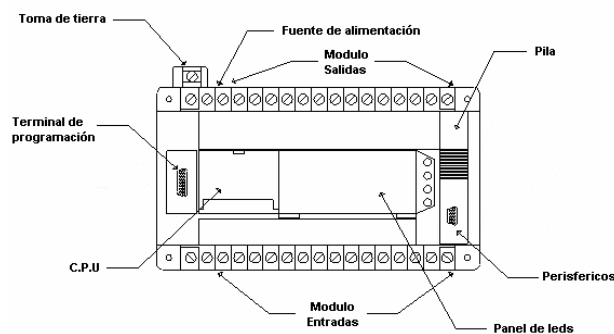
En la documentación electrónica se encuentran todos los elementos electrónicos que se utilizarán en la elaboración de la máquina, estos elementos se dividen en 2 clases; los elementos de control y los de sensado.

8.2.1. Elementos de control. Para la elaboración de este diseño se necesitan dos elementos de control; uno PLC para controlar el sistema en general y un drive para controlar el motor.

8.2.2. Control del sistema. Un automata¹⁰ programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Los PLC están conformados por una estructura básica que consta de; fuente de alimentación, CPU, módulo de entrada, módulo de salida, terminal de programación y periféricos.

Figura 42. Estructura de los PLC



¹⁰Revista virtual de electricidad electrónica y automática [en línea]. España: un proyecto de Juan Carlos Martín Castillo, 2007 [consultado 20 de Abril, 2007] Disponible en Internet: <http://www.olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto.htm#inicio>.

Fuente de alimentación. Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220v/110v c.a., a baja tensión de c.c, normalmente 24 v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

C.P.U. La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las ordenes, del operario por medio de la consola de programación y el modulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Modulo de entrada. A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Modulo de salida. El modulo de salidas del autómata es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc.). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados. Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados: relés, triac, transistores.

Terminal de programación. El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes; Transferencia y modificación de programas, verificación de la programación y información del funcionamiento de los procesos. Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

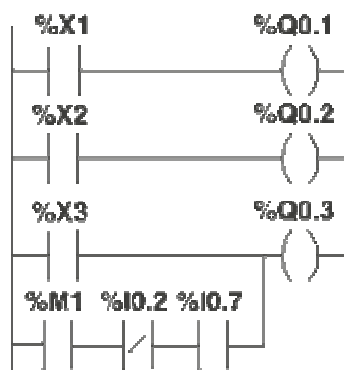
Periféricos. Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario. Los más utilizados son; Grabadoras a cassettes, Impresoras, Cartuchos de memoria EEPROM y Visualizadores y paneles de operación OP.

Lenguaje de programación del PLC. Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra construidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación

hombre-maquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento. El lenguaje usado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Los lenguajes más significativos son; lenguaje de contactos, lenguaje por lista de instrucción, GRAFCET y plano de instrucciones ó autómatas disponible.

Lenguaje de contactos o escalera. Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

Figura 43. Lenguaje en escalera



Lenguaje por lista de instrucción. En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. Este tipo de lenguaje en algunos casos es la forma más rápida de programación.

Figura 44. Lenguaje por lista de instrucción

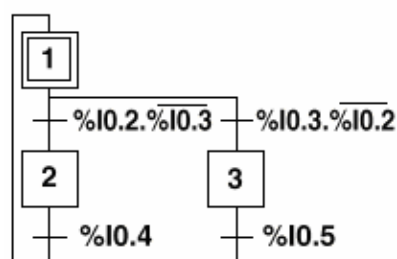
```

000 LD    %I0.1  Bp. inicio ciclo
    AND   %I0.0  Dp. presencia vehículo
    AND   %M3    Bit autorización reloj calendario
    AND   %I0.5  Fc. alto rodillo
    AND   %I0.4  Fc. detrás pórtico
005 S     %M0    Memo inicio ciclo
    LD    %M2
    AND   %I0.5
    OR    %I0.2  Bp. parada ciclo
    R     %M0
010 LD    %M0
    ST    %Q0.0  Piloto ciclo

```

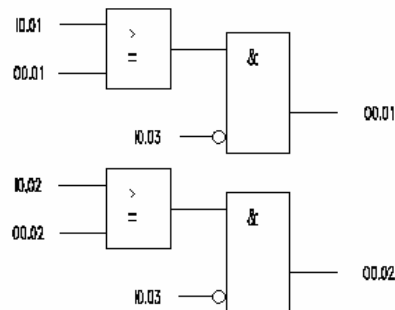
GRAFCET. Es el llamado Gráfico de Orden Etapa Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos. Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También podemos utilizarlo para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

Figura 45. GRAFCET



Autómata disponible. El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Figura 46. Autómata disponible

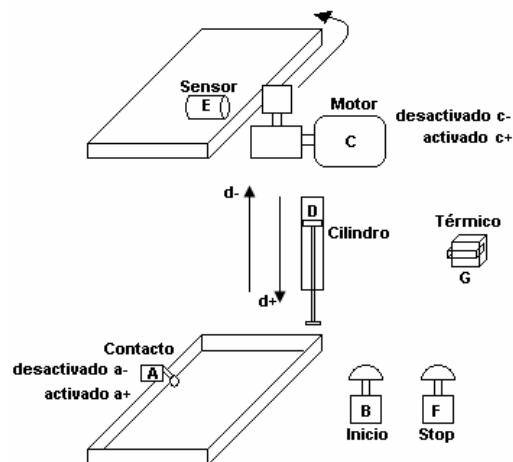


8.2.2.1. Diseño de estrategia programada. Para diseñar la estrategia programada primero se debe de hacer una descripción del proceso que debe de realizar la maquina y el operario. A continuación se describen los pasos que debe de seguir el operario para el manejo de la maquina.

- El operario coloca la luminaria en la maquina. La maquina reconoce la pieza por medio de un contacto (A) y energiza la maquina.
- El operario oprime el botón de inicio (B), el motor (C) y el cilindro pistón (D) empiezan a realizar el ciclo (el motor comienza a girar y el pistón comienza a descender).
- El fin del ciclo lo dictara la señal del sensor (E). Esta señal para el motor y devuelve el cilindro pistón.
- Al sacar la luminaria la maquina se desactiva gracias al contacto (A) y queda lista para realizar otro ciclo.

Seguridad de la maquina. Para protección del operario y de la maquina, se instala un botón de paro o stop (F), para poder detener la maquina en cualquier momento, y para evitar sobre cargas en el circuito se agregara un protector térmico (G), que apagara la maquina en caso que el motor tenga una sobre carga.

Figura 47. Grafico del proceso



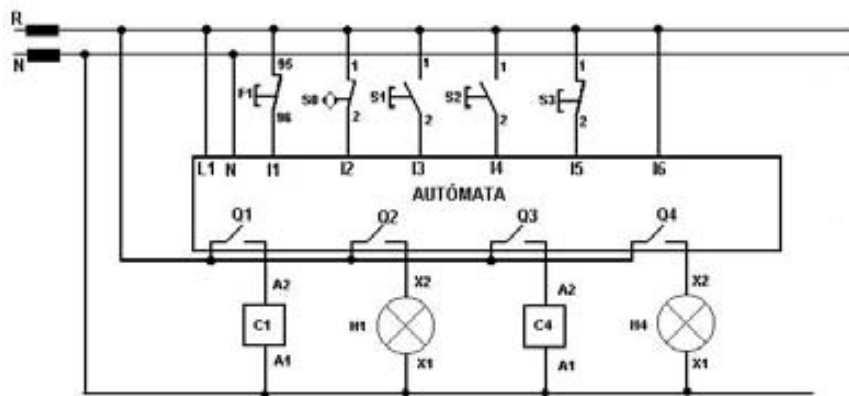
8.2.2.2. Lista de entadas y salidas. Al realizar esta lista se pretende organizar, direccional, simbolizar y describir cada una de las entradas y salidas del autómata. La tabla 9 muestra las descripciones y características de las entradas y salidas del autómata.

Tabla 10. Entradas y salidas del autómata

# Entradas	Dirección	Símbolo	Estado	Comentario
I1	I0,0	F1	NC	Térmico del motor G
I2	I0,1	S0	NC	Stop F
I3	I0,2	S1	NA	Contacto A
I4	I0,3	S2	NA	Botón de inicio B
I5	I0,4	S3	NC	Sensor E
# Salidas	Dirección	Símbolo	Estado	Comentario
Q1	Q0,0	C1		Señal del motor
Q2	Q0,1	H1		Señal del Pistón
Q3	Q0,2	C4		Piloto del motor
Q4	Q0,3	H4		Piloto del pistón
NC=Normalmente cerrado NA=Normalmente abierto				

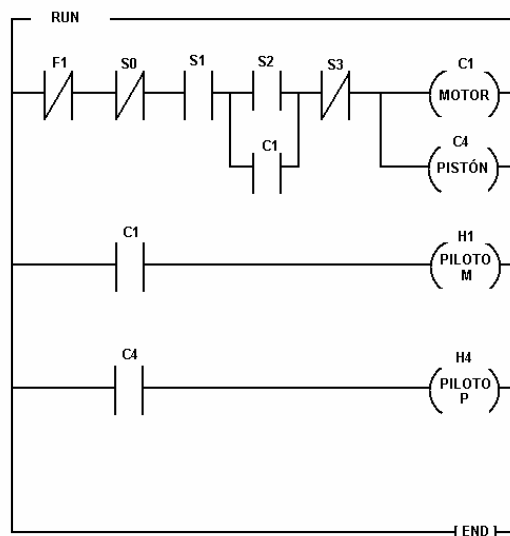
8.2.2.3. Conexión de entradas y salidas del autómata. Por medio de un dibujo del autómata se muestra de forma detallada como se conectan las entradas y las salidas.

Figura 48. Entradas y salidas al autómata



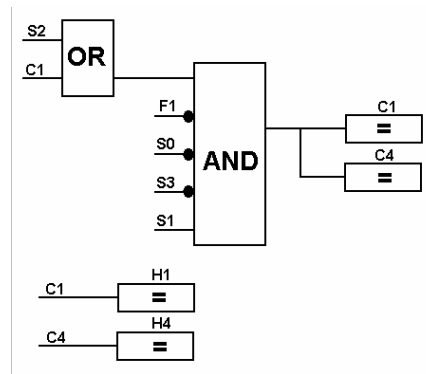
8.2.2.4. Esquema en escalera o ladder. Temiendo en cuenta las conexiones de las entradas y las salidas se proceda a realizar la programación en escalera o ladder.

Figura 49. Esquema en escalera



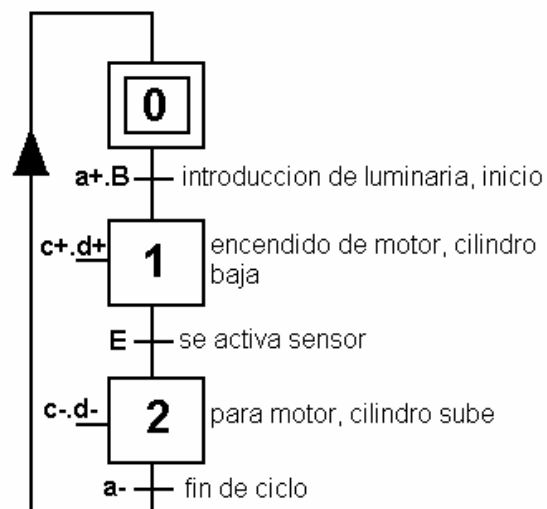
8.2.2.5. Programación en autómatas disponibles. El diagrama en escalera lo pasamos a compuertas lógicas para tener el diagrama de autómata disponible.

Figura 50. Autómata disponible del proyecto



8.2.2.6. Diagrama GRAFCET. La figura 51 muestra la secuencia en el sistema GRAFCET.

Figura 51. Diagrama GRAFCET



8.2.2.7. Programación por lista de instrucción. Por ultimo se crea el lenguaje por lista de instrucción.

LDN	F1
AND	S0
A	S1
LD	S2
O	C1
ALD	
AN	S3
=	C1
=	C4
LD	C1
=	H1
LD	C4
=	H4

8.2.3. Control del motor. Para controlar el motor se utiliza un variador de velocidad o un driver que va conectado al PLC y al motor. El PLC le manda una señal al variador de velocidad o al driver, el cual le manda la señal al motor para encenderlo o apagarlo. Se utiliza un variador de velocidad por si se necesita cambiarle la velocidad al motor y como manera de protección del PLC.

Figura 52. Control del motor



8.2.4. Elementos de sensado. Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el

procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son; transductores analógicos y transductores digitales.

Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

Características deseables de los transductores:

Exactitud. La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

Precisión. La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

Rango de funcionamiento. El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

Velocidad de respuesta. El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

Calibración. El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

Fiabilidad. El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

Para este proyecto se escogió 2 tipos de sensores; Un sensor de proximidad para sensor el fin de ciclo de la maquina y un sensor de contacto para reconocer la luminaria.

Sensor de proximidad. Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación, teniendo las siguientes características; son dispositivos que actúan por inducción al acercarlos un objeto, no requieren contacto directo con el material a sensor, son los más comunes y utilizados en la industria, se encuentran encapsulados en plástico para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes.

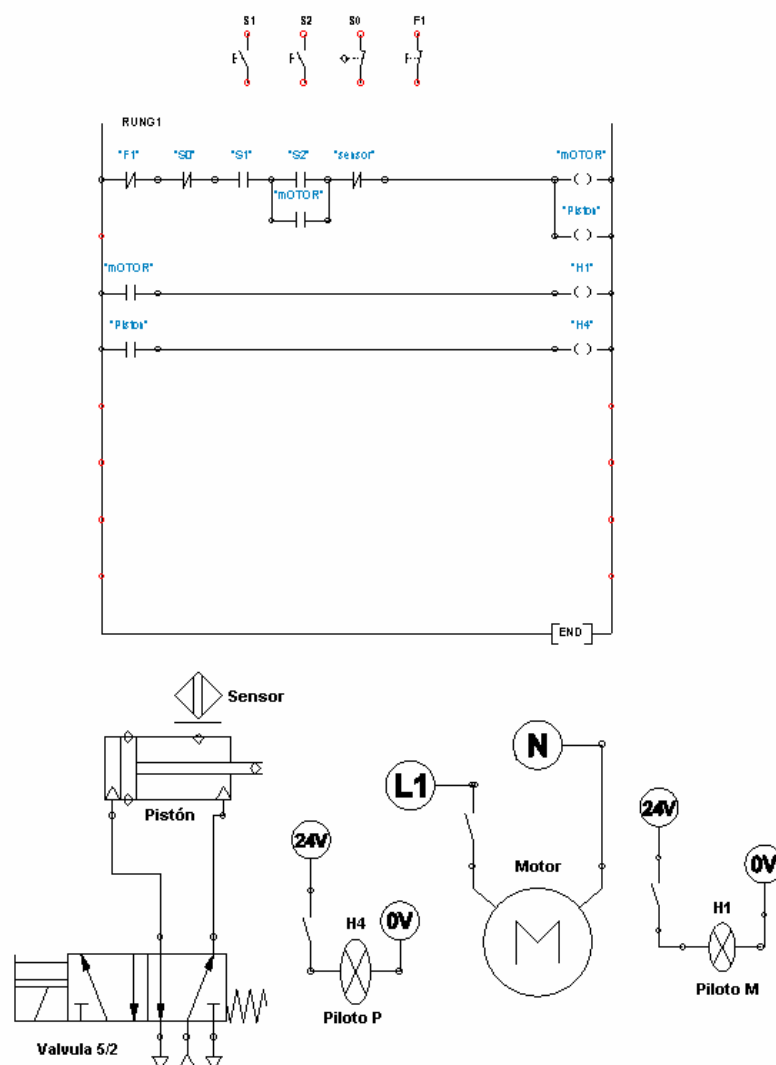
Sensor de contacto. Los sensores de contacto nos indican simplemente si ha habido contacto o no con algún objeto, sin considerar la magnitud de la fuerza de contacto. Suelen ser dispositivos sencillos cuyo uso es muy variado. Se pueden situar en las pinzas de los brazos de robot para determinar cuando se ha cogido un objeto, pueden formar parte de sondas de inspección para determinar dimensiones de objetos, o incluso pueden situarse en el exterior de las pinzas para ir tanteando un entorno. Estos sensores suelen ser interruptores de límite o microinterruptores, que son sencillos dispositivos eléctricos que cuando se contacta con ellos cambian de estado.

8.2.5. Otros elementos electrónicos. Para el diseño de la maquina se necesitan otros componentes electrónicos, como interruptores para el encendido y apagado de la maquina, para iniciar la maquina, para el stop o parada de emergencia. También se necesita un protector térmico para proteger el sistema de sobre cargas y luces pilotos para indicar el funcionamiento de los elementos de la maquina.

8.3. SIMULACION EN SOFTWARE

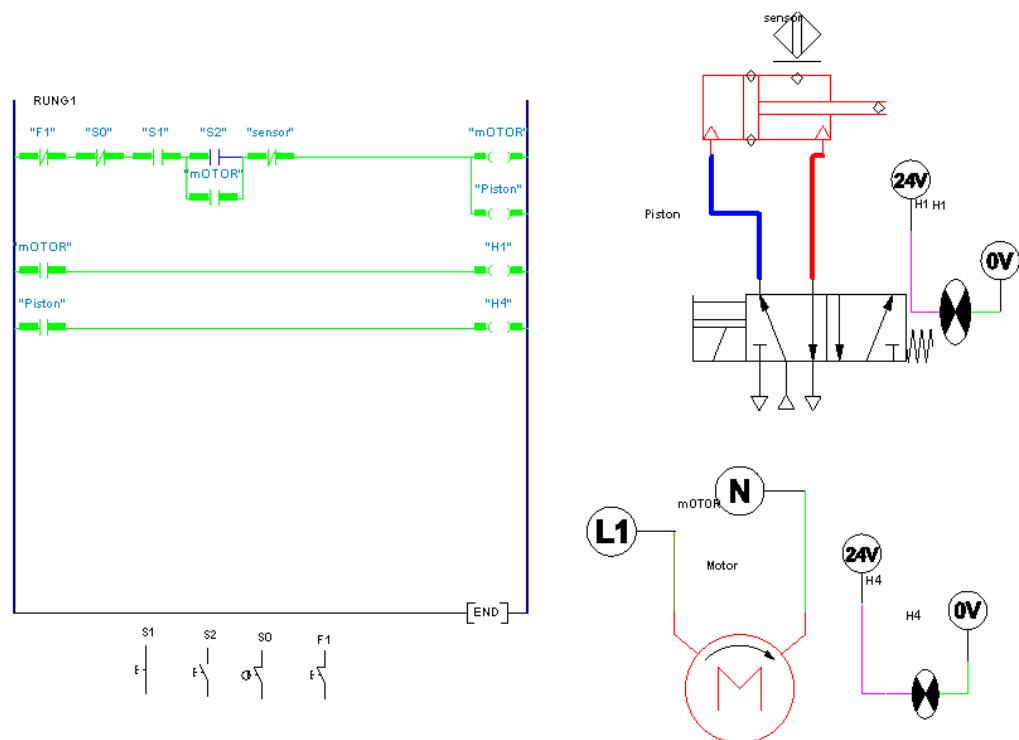
Para probar el diseño en la parte eléctrica y neumática se utilizó un software llamado *Automation Studio 5.0* este software permite simular el programa del PLC en diagrama escalera con todos los componentes. Permite conectar el motor, el cilindro pistón, los pulsadores y el sensor, para así probar si esta funcionando bien la maquina.

Figura 53. Simulación en off de *Automation Studio*



La figura 53 muestra la simulación de la maquina. Ninguno de los elementos esta energizado, esto quiere decir que la maquina no esta en funcionamiento. El sensor se ubico en el cilindro pistón porque este programa no tiene la posibilidad de sensar la posición del motor.

Figura 54. Simulación en *on* de *Automation Studio*



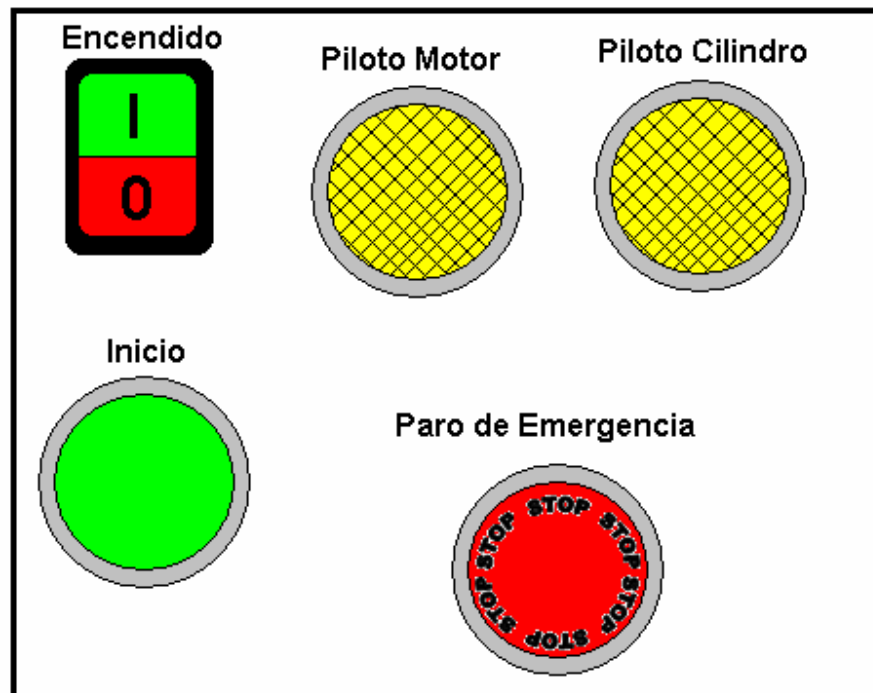
La figura 54 muestra la simulación de la maquina. Los elementos esta energizado, esto quiere decir que la maquina esta en funcionamiento, el motor esta girando, el cilindro pistón esta saliendo, los pilotos están encendidos y la válvula esta accionada.

8.4. INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de usuario es una parte importante del diseño ya que es la comunicación del operario con la maquina por eso se tiene que hacer de una manera sencilla y fácil de entender, con la mínima cantidad de botones y señalizada.

La figura 55 muestra la interfaz de usuario de la maquina, con su respectiva señalización.

La figura 55. Interfaz de usuario



8.5. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES FINALES DEL DISEÑO

En esta sección se encuentran seleccionados los componentes que serán utilizados para la elaboración de la maquina, de acuerdo con todas las especificaciones analizadas a lo largo de este documento.

Teniendo las características de los componente se procede a investigar en el mercado los elementos que se pueden utilizar para la fabricación de la maquina.

8.5.1. Selección del motor. Según el análisis realizado el motor debe de tener una velocidad de 1800RPM, un torque de 59,94Nm como mínimo y que pueda vencer una inercia de 1,59Kgm².

El motor 26 Frame Permanent Magnet DC Motors de la compañía Bison Gear & Engineering Corp.

Figura 56. Motor seleccionado



Este motor funciona a 90VDC y va a una velocidad de 1810 RPM, con un torque de 59,621 Nm. Para más especificaciones ver Anexo D.

8.5.2. Selección del variador de velocidad. Existen muchos fabricante de variadores de velocidad en el mercado uno de ellos es siemens que tiene una línea llamada MICROMASTER 410, otra compañía es altivar con sus variadores Altivar 28 y Altivar 11.

Figura 57. Variadores de velocidad seleccionados



Para más información sobre estos variadores de velocidad ver Anexo E.

8.5.3. Selección del PLC. Siemens es en estos momentos la marca líder en cuanto a PLC se refiere por eso se seleccionó un PLC Logo Basic con display, este PLC es muy fácil de programar. Se puede programar desde las teclas o con la ayuda del computador tiene 8 entradas y 4 salidas.

Figura 58. PLC seleccionado



Para más información sobre las características de este PLC ver Anexo F.

8.5.4. Selección del cilindro pistón. Festo es una empresa muy conocida que fabrica cilindros pistones de muy alta calidad. Otra empresa que es muy reconocida es Bosch.

Figura 59. Cilindro pistón Seleccionado



Festo



Bosch

Las características principales de estos cilindros se pueden ver en el Anexo G.

8.5.5. Selección del sensor. Para este proyecto se necesitan 2 sensores una de proximidad para terminar el ciclo de la maquina y otro de contacto para sensar la luminaria.

Sensor de proximidad. Photo electric systems SlimLine de la empresa Pantron Sensor Technology.

Figura 60. Sensor de proximidad seleccionado



Para más información sobre las características de este sensor ver Anexo H.

Sensor de contacto. Finales de carrera 802M ó 802T tipo palanca y retorno por muelle de la empresa Allen Bradley.

Figura 61. Sensor de contacto seleccionado



Para más información sobre las características de estos sensores ver Anexo I.

8.5.6. Selección de la válvula. Válvula 5/2 de respuesta rápida MH2 Gran rendimiento, estabilidad en los procesos y manejo sencillo de la compañía Festo.

Figura 62. Válvula seleccionada

Válvula individual de 5/2 vías



Para más información sobre las características de esta válvula ver Anexo J.

8.5.7. Selección del protector del sistema. Para la protección del sistema un Schneider Electric.

Figura 63. Protección del sistema seleccionado



Schneider Electric

8.5.8. Selección de otros elementos. La empresa Baco Pushbuttons tiene una gama amplia de pulsadores, paros de seguridad y botones de encendido para más información ver Anexo K.

8.6. LISTA DE PARTES

Esta consta de una imagen explosionada del diseño general de la máquina donde se numeran cada una de las piezas que conforman la máquina, como se puede observar en la figura 64.

Figura 64. Vista explosionada

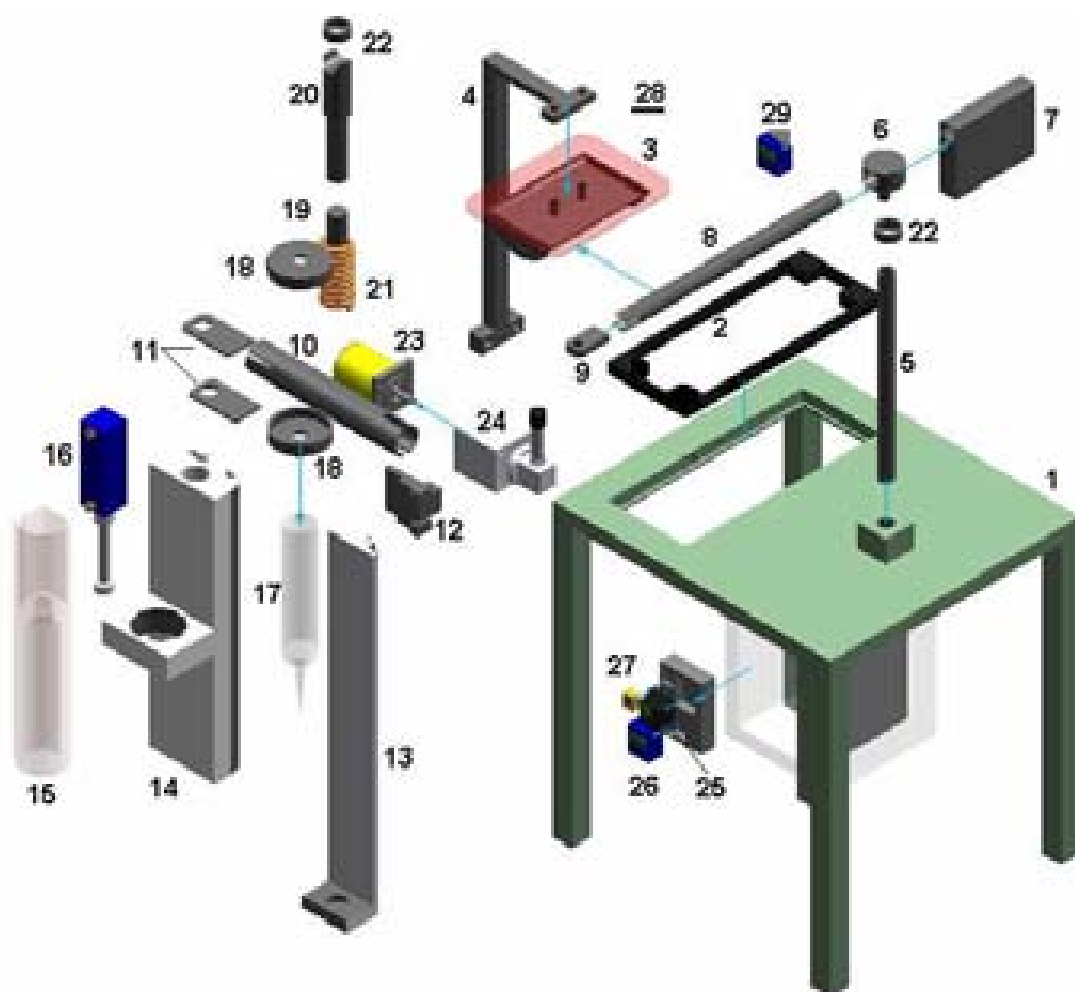


Tabla 11. Tabla de partes

ITEM	PIEZA	DESCRIPCION	Valor
1	Mesa	Es el soporte de la estructura	285000
2	Soporte de luminaria	Tiene la forma de la luminaria	15000
3	Tablero guía	Tiene las dimensiones del contorno de la luminaria	78500
4	Sujetador tablero guía	Sostiene el tablero guía	25000
5	Brazo 1	Es la columna de la maquina	11645
6	Soporte brazo 2	Une al brazo 2 con el 1 y el contrapeso	29000
7	Contrapeso	Equilibra el sistema	34000
8	Brazo 2	Sostiene el brazo 3 de le da grados de libertad a la maquina	11645
9	Placa brazo 2	Une el brazo 2 con el 3	11000
10	Brazo 3	Sostiene el sistema de pegado y da otro grado de libertad	11645
11	Placa brazo 3	Une el brazo 2 con el 3 son 2	16000
12	Placa 1	Da otro grado de libertad y sostiene el sistema de pegado	7500
13	Sujetador guía del soporte	Sostiene el contenedor y permite su desplazamiento vertical	35500
14	Soporte pistón – silicona	Soporta el contenedor y se desliza verticalmente	39700
15	Contenedor del pistón	Une al pistón con el tubo de silicona	35000
16	Pistón	Presiona la salida de la silicona del tubo	125000
17	Tubo de silicona	Es el que contiene la silicona para el pegado	29000
18	Tapas del contenedor	Permite el fácil intercambio del tubo de silicona	7000
19	Eje de abajo del soporte	Permite que el soporte permanezca alineado	5000
20	Eje de arriba del soporte	Comprime el resorte para darle la curvatura al pegado	15000
21	Resorte	Regresa el soporte pistón-silicona a la posición inicial	23000
22	Balinerias	Permiten suavidad en los giros	22000
23	Motor	Genera el movimiento en la maquina	270810
24	Reductor del motor	Reduce las RPM del motor y cambia el sentido del giro	357300
25	PLC	Controla el sistema	482400
26	Variador de velocidad	Varia la velocidad del motor	455400
27	Protector del circuito	Protege la maquina de sobrecargas eléctricas	47000
28	Sensor de proximidad	Da el final del ciclo	75000
29	Sensor de contacto	Sensa la ubicación correcta de la luminaria en la maquina	46000
30	Válvulas	válvula reguladora y de vías	280000
31	otros elementos	tomillos, pernos, mangueras, pilotos, pulsadores, cables, etc.	350000
Total Aprox.			3236045

9. PROTOTIPADO

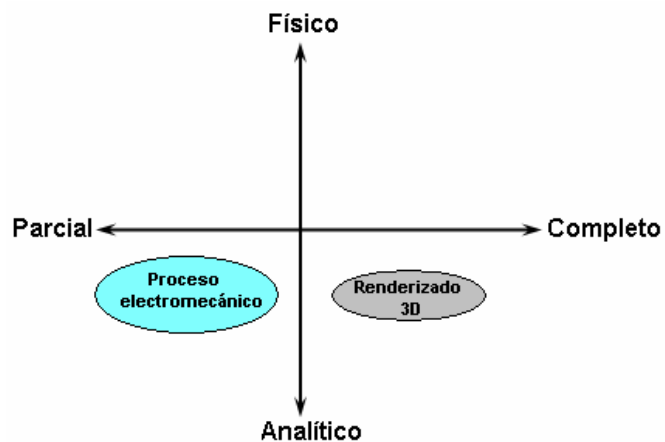
Aprendizaje: Determinar los diversos problemas que puedan presentarse por la interacción de diferentes funciones y observar la funcionalidad de cada una de ellas.

Comunicación: La realización del diseño en 3D para tener una idea clara de cómo es la distribución física de todos los componentes del producto. Esto se realiza para saber si los componentes tienen las medidas necesarias y encajan perfectamente unos con otros y dar a conocer la apariencia final del producto.

Integración: Conectar los diversos conjuntos para verificar si todos los componentes del sistema encajan correctamente unos con otros para que su funcionamiento sea el mejor posible y detectar posibles fallas de interacción.

Tipo y técnica de prototipado: El prototipo se dividió en dos partes la primera fue de funcionamiento electromecánico que se realizó en el software de simulación de procesos electromecánicos Automation Studio 5.0 que se observa en la figura 54. La segunda parte fue un prototipo del diseño completo que permite analizar la distribución espacial y geométrica de cada una de las piezas que conforman la máquina, esto se realizó en el software de renderizado de piezas Solid Edge 10.

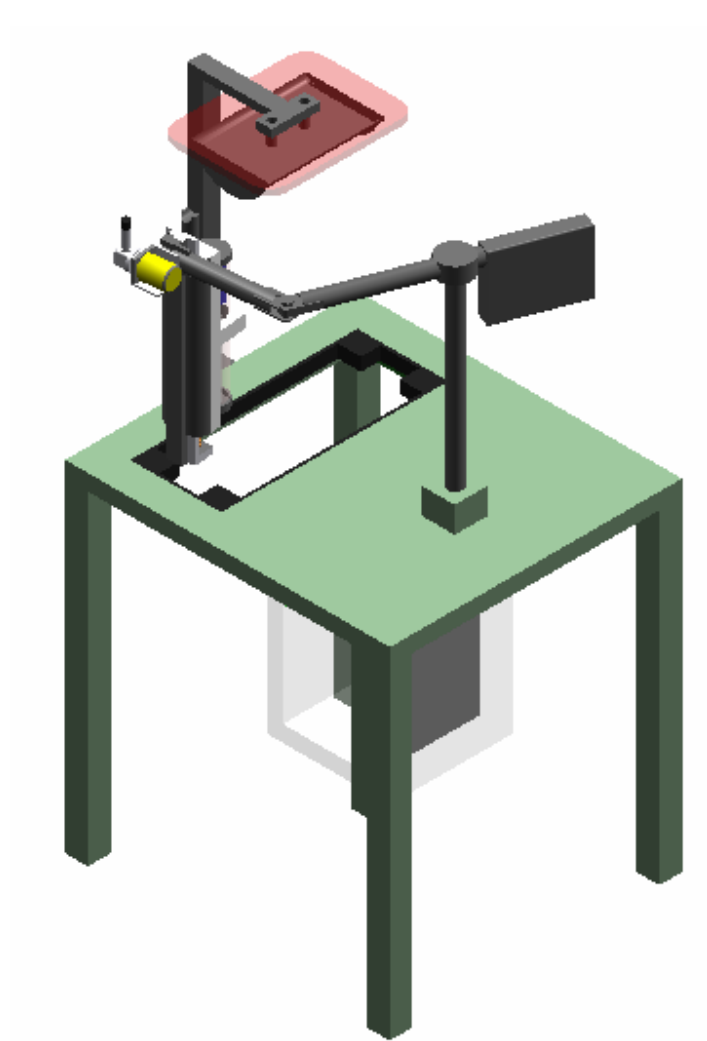
Figura 65. Ubicación de los prototipos



9.1 PROTOTIPO VIRTUAL

Con este prototipo el cliente se da una idea exacta de la forma, dimensiones y el funcionamiento de la maquina.

Figura 66. Renderizado 3D



Los planos de la maquina se encuentran en el Anexo L.

10. CONCLUSIONES

- Lo mas importante para la elaboración de un diseño es tener en claro cuales son las necesidades y restricciones especificas del cliente y que espera el cliente del diseño final.
- Para un mejor diseño es importante generar, seleccionar y probar diferentes conceptos que resuelvan las necesidades establecidas por el cliente, para así saber cual de estos conceptos le conviene más al diseño.
- La plantación de un proyecto es una parte de gran importancia a la hora de llevar acabo un proceso de diseño; una buena plantación de cómo resultado un buen diseño economizando tiempo y dinero.
- La elaboración de prototipos es muy importante porque dan una visión clara de cómo esta quedando el diseño y ayuda a corregir errores que no se podrían visualizar sin la elaboración de prototipos.
- Es importante la elaboración del benchmarking en la etapa de plantación del proyecto porque nos da un rango de posibilidades muy grande y además nos muestra como las grandes empresas están resolviendo el problema.
- El diseño final cumple con todos los parámetro propuestos al inicio de este proyecto, ya que cumple con todas las necesidades, restricciones y especificaciones del cliente, además tiene una plataforma que permite modificaciones y acoples con otros procesos que realiza la empresa.
- La automatización de este proceso por parte de la empresa le va a significar una reducción de tiempo y dinero, además le garantiza una mejor producción y una mayor calidad del producto.

11. RECOMENDACIONES

- Realizando unas pequeñas modificaciones a la maquina como es cambiarle el tablero guía y el soporte de la luminaria, se puede utilizar esta para la elaboración del proceso de pegado de otro tipo de luminarias como la luminaria calima tipo 1.
- La plataforma de esta maquina esta diseñada para poder automatizar todo el proceso de pegado, incorporando una banda transportadora y un sistema dosificador de luminarias, podría realizarse este proceso en serie.
- Para obtener un mejor desempeño de la maquina se le pueden adicionar compartimentos para guardar herramientas, además se le puede agregar una lámpara para poderla utilizar por la noche con mayor seguridad.

BIBLIOGRAFIA

Actuadores neumáticos [en línea]. Brasil: cilindros Boschrexroth, 2006. [consultado 8 de Mayo, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.Boschrexroth.com>.

Actuadores neumáticos [en línea]. Colombia: cilindros y válvulas Festo, 2006 [consultado 8 de Mayo, 2007]. Disponible en Internet: http://www.festo.com/INetDomino/innovations_2006/es/7145004cee3e.htm.

Aire comprimido como portador de energía [catálogo de neumática]. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente laboratorio de neumática, 2007. 190 p.

Altivar Variador de velocidad [en línea]. Argentina: electricidad lynch, 2007 [consultado 28 de Abril, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.electricidadlynch.com.ar/variadordevelocidadshneider.htm>.

Bison catalogue gearmotors reducers motors [en línea]. U.S.A: Bison, 2005. [consultado 30 de Abril, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.Bison/cataloguegearmotors/2005.com>.

Características de la máquina dosificadora de adhesivo [en línea]. U.S.A: *Edf A Nordson Company*, 2007. [consultado 12 de Enero, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.efd-inc.com/espanol/SP-UltraTT-Brochure.pdf>.

Características de los robots dosificadores de adhesivo [en línea]. España: I & J Finsar, 2007. [consultado 12 de Enero, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.ijfinsar.com/spain/index.htm>.

Características del robot Scara [en línea]. U.S.A: Yamaha Motor CO, 2007. [consultado 16 de Enero, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.yamaharobotics.com/business/robot/index.html>.

Especificaciones de la luminaria calima tipo 2 [en línea]. Santiago de Cali: Roy-Alpha, 2006. [consultado 5 de Diciembre, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.royalpha.com>.

Estructura organizacional de Roy-Alpha [en línea]. Santiago de Cali: Roy-Alpha, 2006. [consultado 25 de Noviembre, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.royalpha.com>.

GERE, James M; TIMOSHENKO, Stephen p. Mecanica de Materiales. 2 ed. Mexico: Grupo editorial Iberoamerica, 1986. 912 p.

Interruptores de final de carrera en línea]. U.S.A: Allen-Bradley, 2005 [consultado 2 de Junio, 2007]. Disponible en Internet: http://www.allen-bradley/802m_mc.pdf.

Micromaster Variador de velocidad [en línea]. Argentina: electricidad lynch, 2007 [consultado 28 de Abril, 2007]. Disponible en Internet: <http://www.electricidadlynch.com.ar/variadordevelocidadsiemens.htm>.

NORTON, Robert L. Diseño de Maquinas. México: Prentice-Hall, 1999. 1048 p.

ORTIZ, Rosas A. Introducción a la Programación de Autómatas. Colombia: Faid Editores, 2001. 85 p.

OTTO, Kevin; WODD, Kristin. Products Designs. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development. 2 ed. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2001. 1071 p.

PORRAS, Alejandro C.; PLACIDO Antonio M. Autómatas Programables Fundamentos, Manejo, Instalación y Practicas. Madrid: Mc Graw-Hill, 1990. 211 p.

Revista virtual de electricidad electrónica y automática [en línea]. España: un proyecto de Juan Carlos martín Castillo, 2007 [consultado 20 de Abril, 2007] Disponible en Internet: <http://www.olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto.htm>

Sensores de Proximidad [en línea]. U.S.A: Pantron sensor technology, 2006 [consultado 26 de Mayo, 2007]. Disponible en Internet: http://www.pantron.de/datasheet_slimline_04-2005.pdf.

SHAMES, Irving H. Mecánica de Fluidos. 3 ed. Santa Fe de Bogotá: Mc Graw-Hill, 1995. 825 p.

Siemens PLC [en línea]. Argentina: Siemens PLC Logo, 2007 [consultado 30 de Abril, 2007]. Disponible en Internet: http://www.automation.siemens.com/simatic/compact_info/html_78/micro-automation.htm.

TIMOSHENKO, Stephen; YOUNG, D.H. Elementos de Resistencia de Materiales. España: Montaner y Simona, 1979. 404 p.

ULRICH, Karl; SPPINDER, Steven. Product Design and Development. 2 ed. United States of America: Mc. Graw-Hill, 2000. 358 p.

ANEXOS

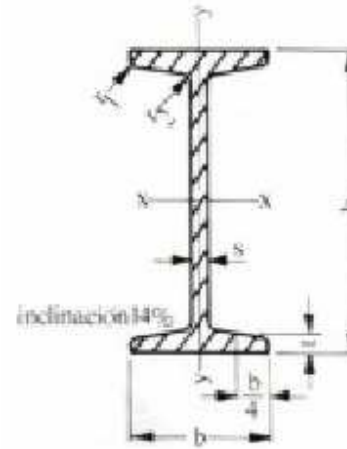
Anexo A. Propiedades del aluminio

Apéndice B. Propiedades típicas de materiales seleccionados utilizados en ingeniería^{1, 5}
(Unidades SI)

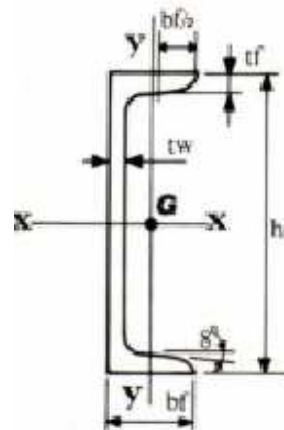
585

Material	Peso específico kg/m ³	Resistencia final			Resistencia a la fluencia ²		Módulo de elasticidad GPa	Módulo de rigidez GPa	Coeficiente de expansión térmica 10 ⁻⁶ /°C	Ductibilidad, porcentaje de alargamiento en 50 mm
		Tensión MPa	Compresión ³ MPa	Fuerza cortante MPa	Tensión MPa	Fuerza cortante MPa				
ACERO:										
Estructural (ASTM-A36)	7860	400	...	...	250	145	200	79	11.7	23
Alta resistencia-baja aleación										
ASTM-A242	7860	480	...	...	345	210	200	79	11.7	21
Aleación templada										
ASTM-A514	7860	825	...	...	690	380	200	79	11.7	18
Inoxidable, (302)										
laminado	7920	860	...	...	520	...	190	73	17.3	12
recocido	7920	620	...	...	275	152	190	73	17.3	50
ACERO FUNDIDO:										
Dúctil, 4.5% C, ASTM A-48	7200	170	650	240	...	...	70	28	12.1	0.5
Maleable, ASTM A-47	7300	340	620	330	230	...	165	64	12.1	10
ALUMINIO										
Aleación 1100-H-14 (99% Al)	2710	110	...	70	95	55	70	26	23.6	20
Aleación 2014-T6 (4.4% Cu)	2800	480	...	290	410	220	72	27	23.0	13
Aleación 6061-T6 (1% Mg)	2710	290	...	185	255	140	69	26	23.6	17
ACERO INOXIDABLE:										
Laminado	8470	540	...	300	435	250	105	39	20	8
Recocido	8470	330	...	280	105	65	105	39	20	62

Anexo B. Caculo de inercia en diferentes tipos de vigas



IPN	Dimensiones (mm)					Área <i>cm²</i>	Peso <i>Kg/m</i>	Momento respecto a los ejes						C (m)	<i>I_x m⁴</i>	<i>I_y m⁴</i>	<i>δf_x maximo</i>	<i>δf_y maximo</i>	<i>F_s x</i>	<i>F_s y</i>
								EJE-X-X ₁			EJE-Y-Y ₁									
	h	b	s	t				<i>I_x cm⁴</i>	<i>S_x cm³</i>	<i>R_x cm</i>	<i>I_y cm⁴</i>	<i>S_y cm³</i>	<i>R_y cm</i>							
80	80	42	4,2	5,9		7,77	6,10	78,4	19,6	3,18	6,29	2,99	0,90	0,04	7,84E-07	6,29E-08	11913265	148489666,1	7,97E-06	6,40E-07
100	100	50	4,5	6,8		10,6	8,34	170	34,1	4	12,1	4,86	1,07	0,05	1,70E-06	1,21E-07	6867647,1	96487603,31	1,38E-05	9,85E-07
120	120	58	5,1	7,7		14,2	11,1	327	54,5	4,8	21,4	7,38	1,23	0,06	3,27E-06	2,14E-07	4284403,7	65467289,72	2,22E-05	1,45E-06
140	140	66	5,7	8,6		18,2	14,3	572	81,8	5,6	35,1	10,6	1,39	0,07	5,72E-06	3,51E-07	2857517,5	46566951,57	3,32E-05	2,04E-06



UPL	Dimensiones (mm)					Momento respecto a los ejes						Distancia de los ejes y-y e cm	C (m)	$I_x m^4$	$I_y m^4$	δf_x <i>maximo</i>	δf_y <i>maximo</i>	F, S_x	F, S_y
	h	b	s	t															
						EJE-X-X	EJE-Y-Y												
						$I_x cm^4$	$S_x cm^3$	$R_x cm$	$I_y cm^4$	$S_y cm^3$	$R_y cm$								
80	80	35	4,5	7		74,4	18,6	3,1	7,8	3,2	1	1,05	0,04	7,440E-07	7,80E-08	1,26E+07	119743590	7,567E-06	7,93E-07
100	100	40	5	8		155	30,9	3,92	13,5	4,8	1,15	1,2	0,05	1,550E-06	1,35E-07	7,53E+06	86481481	1,261E-05	1,10E-06
120	120	45	5	8		266	44,3	4,67	19,8	6,1	1,27	1,31	0,06	2,660E-06	1,98E-07	5,27E+06	70757576	1,804E-05	1,34E-06

Anexo C. Diámetros de tubos que se encuentran en el mercado

Propiedades de tubos estándar				(unidades del sistema SI)			
Dimensiones				Propiedades			
Diámetro nominal d (mm)	Diámetro exterior d_o (mm)	Diámetro interior d_i (mm)	Espesor de pared t (mm)	A (mm ²)	I (10 ⁶ mm ⁴)	S (10 ³ mm ³)	r (mm)
Peso estándar							
13	21.3	15.8	2.77	161.3	0.007	0.672	6.6
19	26.7	20.9	2.87	214.8	0.015	1.163	8.5
25	33.4	26.6	3.38	318.7	0.036	2.179	10.7
32	42.2	35.1	3.56	431.6	0.081	3.851	13.7
38	48.1	40.9	3.68	515.5	0.129	5.342	15.8
51	60.3	52.5	3.91	693.5	0.277	9.193	20.0
64	73.0	62.7	5.16	1099	0.637	17.44	24.1
76	88.9	77.9	5.49	1437	1.256	28.25	29.5
89	101.6	90.1	5.74	1729	1.992	39.17	34.0
102	114.3	102.3	6.02	2048	3.011	52.60	38.4
127	141.3	128.2	6.55	2774	6.310	89.31	47.8
152	168.3	154.1	7.11	3600	11.71	139.3	57.2
203	219.1	202.7	8.18	5419	30.2	275.5	74.7
254	273.1	254.5	9.27	7684	66.9	490	93.2
305	323.9	304.8	9.53	9406	116.3	718	111.3
Extra fuerte							
38	48.3	38.1	5.08	689	0.163	6.75	15.4
51	60.3	49.3	5.54	953	0.361	11.98	19.5
64	70.0	59.0	7.01	1454	0.801	21.93	23.5
76	88.9	73.7	7.62	1946	1.621	36.54	29.0
102	114.3	97.2	8.56	2843	4.000	69.67	37.6
152	168.3	146.3	10.97	5423	16.85	200	55.9
Doble extra fuerte							
38	48.3	27.9	10.16	1216	0.236	0.564	13.9
51	60.3	38.2	11.07	1714	0.546	1.104	17.9
64	70.0	45.0	14.02	2600	1.195	1.997	21.4
76	88.9	58.4	15.24	3526	2.494	3.42	26.7
102	114.3	80.1	17.12	5226	6.360	6.79	34.8
152	168.3	124.4	21.95	10090	27.61	20.0	52.3

Anexo D. Características del motor seleccionado



26 Frame Permanent Magnet DC Motors

Motors are available in 12, 24, or 90 volts.
Power range from 1/53 to 1/9 HP.

Specifications

Armatures: Dynamically balanced
Commutators: Tang-type, diamond turned
Varnishing: Class H polyester trickle varnishing
Magnets: Highest grade ceramic
Finish: Gloss black powder coat

Brushes: Oversized with integral shunts
Replaceable, pg. 58
Bearings: Double shielded ball
Shafts: Carbon steel
Casting: Zinc alloy
Mounting: Base and face

Additional Information

Drawings and torque curves available on www.bisongear.com/products

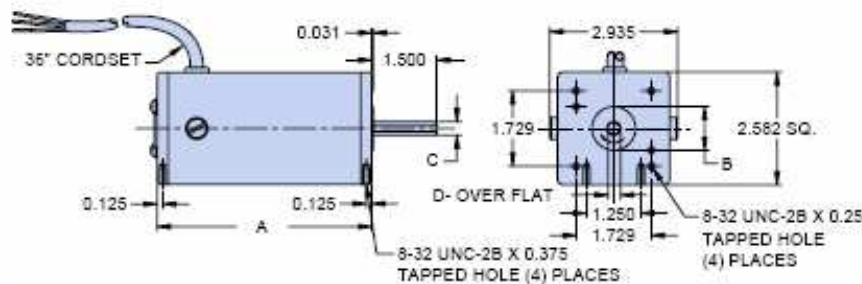
Wiring diagram pages 60-61

See pages 58-59 for additional accessories

26 Frame Permanent Magnet DC Motors

Part Number	Volts	HP	RPM	Watts	Amps	Form Factor	Torque (N·m)	Torque Constant	Terminal Resistance	Voltage Constant	Shipping Wt.	Brush
051-206-4005	12	1/44	1870	31	2.61	1.0	12.7	6.713	1.069	4.963	3.75	G
051-206-4015	12	1/20	1800	54	4.51	1.0	28.8	7.796	0.458	5.769	5.25	G
051-206-5005	24	1/9	4000	108								
051-206-5005	90	1/53	2475	26	0.29	1.3	7.6	42.578	41.594	31.508	3.75	F
051-206-5015	90	1/27	1810	41	0.46	1.3	20.8	59.621	24.908	44.120	5.25	F

26 Frame PMDC



Part Number	A	B	C	D
051-206-4005	3.750	0.875	0.250	0.218
051-206-4015	4.930	1.000	0.312	0.281
051-206-5005	3.750	0.875	0.250	0.218
051-206-5015	4.930	1.000	0.312	0.281

Anexo E. Características del variador de velocidad seleccionado



MICROMASTER 410 - El Minidrive. Las tareas simples exigen soluciones simples. Por ello la familia de convertidores de frecuencia Micromaster 4^o Generación se amplía cubriendo la gama baja de aplicaciones de velocidad variable. Micromaster 410 con su rango de potencias comprendidas entre 0.12 kW y 0.75 kW resulta ideal para comandar bombas, ventiladores, cintas transportadoras, máquinas de embalaje. La facilidad de manejo y la rapidez en la puesta en marcha hacen del Micromaster 410 un especialista para soluciones sin complicaciones. Características Principales:

- Conexión de fuerza estilo contactor asegura óptima compatibilidad electromagnética.
- Alimentación monofásica en dos variantes: 1AC 220V y 1AC 110V.
- entradas digitales libremente configurables.
- 1 entrada analógica (0-10)V, puede ser utilizada como 4^o entrada digital.
- 1 salida a relé (60VDC/5A - 250VAC/2A) libremente configurable.
- Característica V/f lineal, cuadrática, multipunto y algoritmo de regulación FCC (Flux Current Control) que optimiza la tensión aplicada al motor para todas las frecuencias de salida y condiciones de carga.
- Amplias funciones integradas de protección del motor y del convertidor.
- Puerto de comunicación RS485 integrado para interconexión a redes industriales.

Altivar 11. El es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de jaula para potencias comprendidas entre 0,18 kW y 2,2 kW. Tres tipos de alimentación están disponibles :100 V a 120 V monofásico, 200 V a 240 V monofásico, 200 V a 230 V trifásico. El Altivar 11 integra las especificaciones de los mercados locales (gama Europa, gama América, gama Asia) y dispone de las funciones para responder a las aplicaciones más corrientes, en especial : transporte horizontal ventilación, bombeo, controles de acceso, puertas automáticas, Las principales funciones integradas en el Altivar 11 son:

Arranque y variación de velocidad, inversión del sentido de giro, aceleración, desaceleración, parada, protecciones del motor y variador, comando 2 hilos/3 hilos, 4 velocidades preseleccionadas, guardar la configuración del variador, inyección de corriente continua en la parada, conmutación de rampas, varias funciones pueden ser efectuadas sobre una misma entrada lógica.



Altivar 28. Principales funciones: Arranque y variación de velocidad, Inversión de sentido de marcha, Rampas de aceleración y deceleración, Control Vectorial de flujo, Frenado con inyección de Corriente Continua, Frenado dinámico, Regulador PI, Protecciones motor y variador, Rearranque automático, Velocidades preseleccionadas, Filtros CEM incorporados



El diagrama ilustra la configuración eléctrica para el control de un motor de inducción (M) a través de un inversor de frecuencia (A1). Se muestran las conexiones para las bobinas del motor (U, V, W) a los terminales de salida (L1, L2, L3). También se detallan las conexiones para el control de velocidad (potenciometro de referencia, P1) y la protección contra sobrecorriente (resistencia de frenado, opcional).

Anexo F. Características del PLC seleccionado

Miniautomata LOGO. El módulo lógico LOGO es la solución compacta fácil de usar y económica para tareas de mando simples. LOGO es de aplicación universal, por ejemplo: instalaciones domésticas, cuadros/tableros eléctricos, maquinaria y equipos, preprocesamiento de señales para otros controles.

LOGO es simple: teclado y visualizador en un aparato, funciones básicas integradas; (por ejemplo. Y, O) funciones especiales (por ejemplo,. relé de autorretención) típicas de la electrotecnia, creación del programa por simple combinación, pulsando teclas, de las funciones integradas, memorización no volátil del programa y de valores (por ejemplo, temporizaciones) gracias a EEPROM integrada, fácil y simple duplicación del programa a través de un módulo de programa opcional, LOGO ocupa poco lugar; Tamaño apto para cajas de distribución (mismo ancho y alto que un diferencial), de adaptación flexible gracias a reconfiguración de funciones pulsando teclas; reemplaza tediosos recableados, manejo opcional desde una PC; creación, simulación y archivo de programa desde PC, incluso posibilidad de documentación.



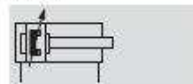
	052-1CC00-0BA5 6ED1	052-1MD00-0BA5 6ED1	052-1HB00-0BA5 6ED1	052-1FB00-0BA5 6ED1
voltages Supply				
value Rated				
V 12 DC		Yes		
V 24 DC	Yes	Yes	Yes	
V 115 DC				Yes
V 230 DC				Yes
(DC) limit lower range, permissible	20.4 V	10.8 V	20.4 V	100 V
(DC) limit upper range, permissible	28.8 V	28.8 V	28.8 V	253 V
V 24 AC			Yes	
V 115 AC				Yes
V 230 AC				Yes
(AC) limit lower range, permissible			20.4 V	85 V
(AC) limit upper range, permissible			26.4 V	265 V
Time				
clocks switching Time				
reserve Power		80 h	80 h	80 h
inputs Digital				
inputs digital of Number	8	8	8	8
outputs Digital				
outputs digital of Number	Transistor 4;	Relay 4;	Relay 4;	Relay 4;
outputs Relay				
contacts the of capacity Switching				
max. load, inductive with		3 A	3 A	3 A
max. load, resistive with	0.3 A	10 A	10 A	10 A
20 IP	Yes	Yes	Yes	Yes
Dimensions				
Width	72 mm	72 mm	72 mm	72 mm
Height	90 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Depth	55 mm	55 mm	55 mm	55 mm

Anexo G. Características del cilindro pistón seleccionado

Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552

Hoja de datos

Función



Ø - Diámetro
32 ... 100 mm

l - Carrera
2 ... 2 000 mm

Juegos de piezas de
desgaste

→ 1 / 1.2-9



FESTO

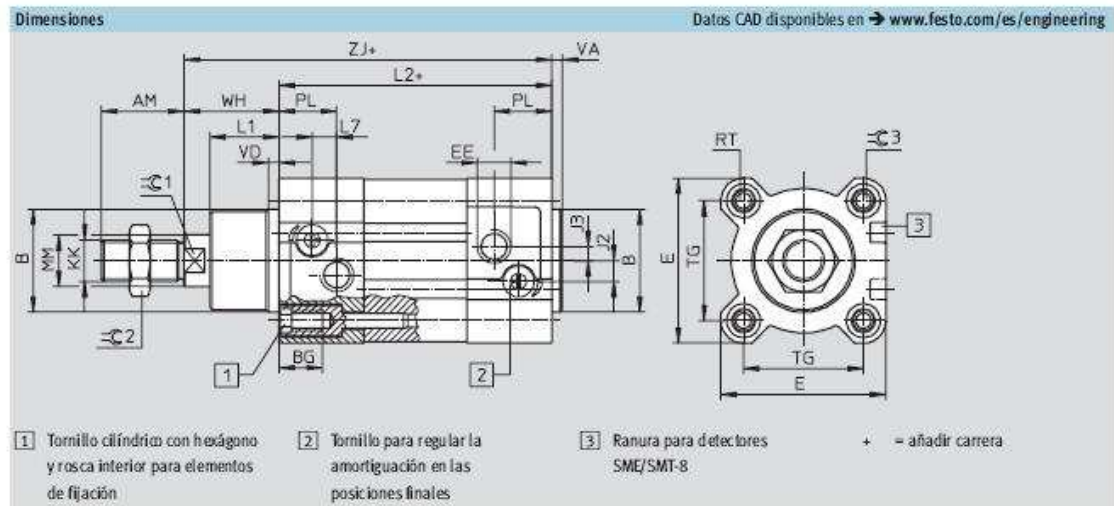
Datos técnicos generales						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Conexión neumática	G3/8	G3/4	G3/4	G3/8	G3/8	G1/2
Rosca del vástago	M10x1,25	M12x1,25	M16x1,5	M16x1,5	M20x1,5	M20x1,5
Construcción	Émbolo					
	Vástago					
	Tubo perfilado					
Amortiguación	Amortiguación neumática regulable en ambos lados					
Carrera de amortiguación [mm]	20	20	22	22	32	32
Detección de posiciones	Para defletores de proximidad					
Tipo de fijación	Con rosca interior					
	Con accesorios					
Posición de montaje	Indistinta					

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Fluido	Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación
Presión de funcionamiento [bar]	0,6 ... 12
Temperatura ambiente ¹⁾ [°C]	-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión ²⁾	2

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990	1 682	2 721	4 418
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,4	0,7	1	1,3	2	3

Pesos [g]						
Diámetro del émbolo	32	40	50	63	80	100
Peso con carrera de 0 mm	460	760	1 225	1 800	3 135	4 575
Peso adicional por 10 mm de carrera	27	37	56	62	92	101
Masa móvil con carrera de 0 mm	108	204	363	460	800	1 045
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	16	25	25	39	39

Cilindro normalizado	
1 Camisa del cilindro	Aluminio anodizado
2 Culatas anterior y posterior	Fundición inyectada de aluminio
3 Vástago	Acero de aleación fina
4 Tornillos con hexágono y rosca interior	Acero cincado
- Juntas	Poliuretano, caucho nitrílico
Materiales	Sin cobre ni PTFE ni silicona



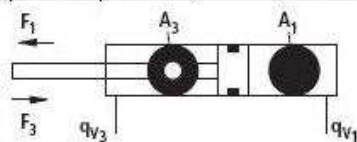
Diámetro [mm]	AM	B Ø d11	BG	E	EE	J2	J3	KK	L1	L2	L7
32	22	30	16	45	G $\frac{1}{8}$	5,25	5,7	M10x1,25	18	94	6,5
40	24	35	16	54	G $\frac{1}{4}$	8	4	M12x1,25	21,3	105	7,5
50	32	40	17	64	G $\frac{1}{4}$	8	5,5	M16x1,5	26,8	106	9,5
63	32	45	17	75	G $\frac{3}{8}$	12,75	6,25	M16x1,5	27	121	9
80	40	45	17	93	G $\frac{3}{8}$	12,5	8	M20x1,5	34,2	128	11
100	40	55	17	110	G $\frac{1}{2}$	13,5	10	M20x1,5	38	138	7,5



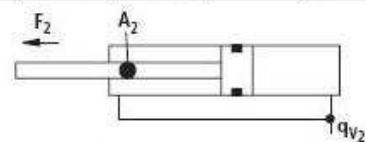
Component series: 1X (Piston Ø 40 to 200 mm)
2X (Piston Ø 220 to 320 mm)
Nominal pressure 250 bar (25 MPa)

Areas, forces, flows

Piston AL Ø mm	Piston rod MM Ø mm	Area ratio φ A_1/A_2	Areas			Force at 250 bar ¹⁾			Flow at 0.1 m/s ²⁾		
			Piston A_1 cm ²	Rod A_2 cm ²	Annulus A_3 cm ²	Pressure F_1 kN	Diff. F_2 kN	Pulling F_3 kN	Out q_{V1} L/min	Diff. q_{V2} L/min	In q_{V3} L/min
40	22 28	1.43 1.96	12.56	3.80 6.16	8.76 6.40	31.40	9.50 15.40	21.90 16.00	7.5	2.3 3.7	5.3 3.8
50	28 36	1.46 2.08	19.63	6.16 10.18	13.47 9.45	49.10	15.40 25.45	33.70 23.65	11.8	3.7 6.1	8.1 5.7
63	36 45	1.48 2.04	31.17	10.18 15.90	20.99 15.27	77.90	25.45 39.75	52.45 38.15	18.7	6.1 9.5	12.6 9.2
80	45 56	1.46 1.96	50.26	15.90 24.63	34.36 25.63	125.65	39.75 61.55	85.90 64.10	30.2	9.5 14.8	20.7 15.4
100	56 70	1.46 1.96	78.54	24.63 38.48	53.91 40.06	196.35	61.55 96.20	134.80 100.15	47.1	14.8 23.1	32.3 24.0
125	70 90	1.46 2.08	122.72	38.48 63.62	84.24 59.10	306.75	96.20 159.05	210.55 147.70	73.6	23.1 38.2	50.5 35.4
140	90 100	1.70 2.04	153.94	63.62 78.54	90.32 75.40	384.75	159.05 196.35	225.70 188.40	92.4	38.2 47.1	54.2 45.3
160	100 110	1.64 1.90	201.06	78.54 95.06	122.50 106.00	502.50	196.35 237.65	306.15 264.85	120.6	47.1 57.0	73.5 63.6
180	110 125	1.60 1.93	254.47	95.06 122.72	159.43 131.75	636.17	237.65 306.80	398.52 329.37	152.7	57.0 73.6	95.7 79.1
200	125 140	1.64 1.96	314.16	122.72 153.96	191.44 160.20	785.25	306.80 384.90	478.45 400.35	188.5	73.6 92.4	114.9 96.1
220	140 160	1.68 2.12	380.1	153.9 201.0	226.2 179.1	950.3	384.8 502.6	565.5 447.7	228.1	92.4 120.7	135.7 107.4
250	160 180	1.69 2.08	490.8	201.0 254.4	289.8 236.4	1227.2	502.7 636.2	724.5 591.0	294.5	120.7 152.7	173.8 141.8
280	180 200	1.70 2.04	615.7	254.4 314.1	361.3 301.6	1539.4	636.2 785.4	903.2 753.9	369.4	152.7 188.5	216.7 180.9
320	200 220	1.64 1.90	804.2	314.1 380.1	490.1 424.2	2010.6	785.4 950.3	1225.2 1060.3	482.5	188.5 228.1	294.0 254.4



¹⁾ Theoretical force
(efficiency not taken into account)



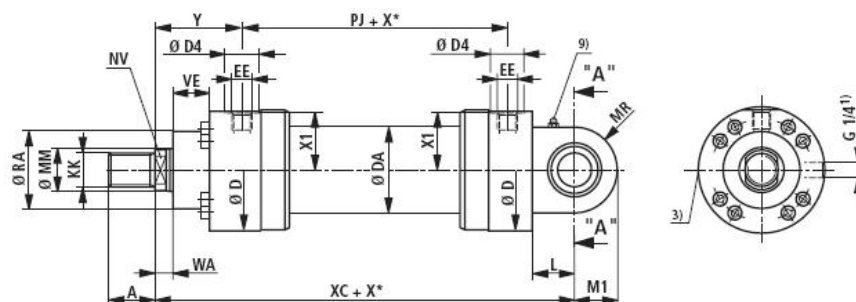
²⁾ Stroke velocity

Diameter, weights

Piston	Piston rod	CD cylinder at 0 mm stroke length						Per 100 mm stroke length	CG cylinder at 0 mm stroke length			Per 100 mm stroke length
AL Ø mm	MM Ø mm	MP3 ¹⁾ MP5 ¹⁾ kg	MP3 ²⁾ MP5 ²⁾ kg	MF3 MF4 kg	MT4 kg	MS2 kg	kg	MF3 kg	MT4 kg	MS2 kg	kg	
40	22	7	12	9	9	9	0.9	10	9	9	1.2	
	28	7	12	9	9	9	1.0	10	9	10	1.5	
50	28	10	16.5	14	12	12	1.2	15	14	14	1.6	
	36	10	16.5	14	12	13	1.5	15	14	14	2.3	
63	36	16	25.5	22	19	19	2.1	24	21	21	2.9	
	45	16	25.5	22	19	20	2.6	24	22	22	3.8	
80	45	25	35	30	29	31	2.9	34	33	35	4.1	
	56	26	36	31	30	32	3.6	35	34	36	5.5	
100	56	43	58.5	52	50	52	4.6	59	56	58	6.6	
	70	44	59.5	53	51	53	5.7	60	58	60	8.8	
125	70	79	99	93	91	90	7.3	103	101	100	10.3	
	90	80	100	95	93	92	9.2	106	105	104	14.2	
140	90	111	137	127	130	131	10.7	145	147	148	15.7	
	100	112	138	128	131	132	11.9	146	149	150	18.1	
160	100	168	205	198	200	209	12.6	230	233	241	18.8	
	110	169	206	200	202	210	13.9	234	236	244	21.4	
180	110	236	283	270	269	278	14.7	314	312	322	22.1	
	125	239	286	272	271	281	16.8	319	318	327	26.5	
200	125	306	361	348	346	358	19.0	369	367	380	28.6	
	140	309	364	351	349	361	21.5	376	373	386	33.5	
220	140	452	556	515	479	509	27.1	598	562	593	39.1	
	160						30.9				46.7	
250	160	582	710	664	618	649	32.7	784	739	770	48.5	
	180						36.9				56.9	
280	180	753	950	846	784	822	44.2	981	919	957	64.2	
	200						48.8				73.4	
320	200	1125	1404	1290	1180	1222	55.2	1452	1343	1385	79.8	
	220						60.4				90.2	

¹⁾ Weight without position measuring system

²⁾ Weight with position measuring system



Dimensions MP3 (nominal dimensions in mm)

AL Ø	MM Ø	KK 5)	A 5)	KK 6)	A 6)	NV	D	DA	D4 2)	EE 4)	EE 4)	Y	PJ
40	22/28	M16x1.5	16	M18x2	30	16/22	88	50	34	G 1/2	M22x1.5	79	120
50	28/36	M22x1.5	22	M24x2	35	22/30	102	60	34	G 1/2	M22x1.5	87	120
63	36/45	M28x1.5	28	M30x2	45	30/36	120	78	42	G 3/4	M27x2	100	133
80	45/56	M35x1.5	35	M39x3	55	36/46	140	95	42	G 3/4	M27x2	104	146
100	56/70	M45x1.5	45	M50x3	75	46/60	170	125	47	G 1	M33x2	124	171
125	70/90	M58x1.5	58	M64x3	95	60/75	206	150	58	G 1 1/4	M42x2	135	205
140	90/100	M65x1.5	65	M80x3	110	75/85	226	170	58	G 1 1/4	M42x2	156	219
160	100/110	M80x2	80	M90x3	120	85/95	265	190	65	G 1 1/2	M48x2	185	240
180	110/125	M100x2	100	M100x3	140	95/110	292	210	65	G 1 1/2	M48x2	199	264
200	125/140	M110x2	110	M110x4	150	110/120	310	235	65	G 1 1/2	M48x2	205	278

Anexo H. Características del sensor de proximidad seleccionado

Photo electric system



SlimLine

- Photo electric system with modulated infrared light
- Self-contained amplifier
- Range up to 40 m (131 ft)
- Transistor output npn/pnp
- Switching frequency max. 500 Hz
- Metal housing, IP 67
- Outputs are short circuit proof
- Reverse polarity protection



Short description

The infrared photo electric systems SlimLine are powerful through-beam light barrier which are characterized by their very small and robust type. The sensor heads are filled with resin to guarantee the high degree of protection, IP 67. This allows for applications in extreme areas with moisture, dust and dirt.

The system, consisting of one transmitter (ST...) and one receiver (SR...), can be easily aligned even at distances of 40m (131 ft) by a large field of view. The transmitter has an input, which can be adjusted, depending upon the application or switched off, testing the transmit power for failure-free operation. The receiver has an NPN/PNP transistor output and a yellow status LED.

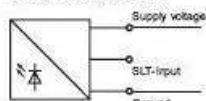
Technical Data

Transmitter	STA...	STB...
Operating basis	modulated infrared light	
Supply voltage	12 V DC - 30 V DC	
Current consumption	30 mA	
Emission angle	20°	6°
Transmit frequency	11,7 kHz	
Transmit power	external adjustable	
Sealing	IP 67	
Housing material:	CLN	Nickel plated brass
	CLV	Stainless steel
	LLA	Aluminium anodized
Power on display	LED green	
Connection: cable	3x0,14 mm ² , PVC	
plug -B3 / -C4	M8, 3-pole / M12, 4-pole	
Operation temperature	-20 °C ... +60 °C	
Storage temperature	-40 °C ... +80 °C	

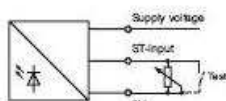
Receiver	SRS...	SRH...	SRL...
Range: Transmitter STA...	1 m (3 ft)	6 m (20 ft)	15 m (49 ft)
Transmitter STB...	5 m (16 ft)	20 m (66 ft)	40 m (131 ft)
Ambient light immunity	> 60000 LUX		
Supply voltage	12 V DC - 30 V DC		
Current consumption	max. 35 mA		
Operating angle	12,5°		
Switching mode	light or dark		
Transistor output	npn/pnp		
Output current	100 mA, short circuit proof		
Switching frequency (max.)	500 Hz	150 Hz	20 Hz
Sealing	IP 67		
Housing material:	CLN	Nickel plated brass	
	CLV	Stainless steel	
	LLA	Aluminium anodized	
Output status display	LED yellow		
Connection: cable	3x0,14 mm ² , PVC		
plug -B3 / -C4	M8, 3-pole / M12, 4-pole		
Operation temperature	-20 °C ... +60 °C		
Storage temperature	-40 °C ... +80 °C		

Wiring diagram

Transmitter ST...

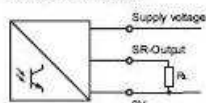


100 % transmit power

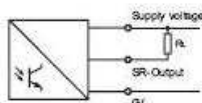


transmit power adjustment
resp. transmit power off




Receiver SR...



pnp transistor output

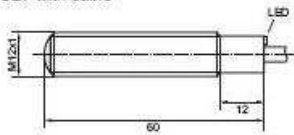
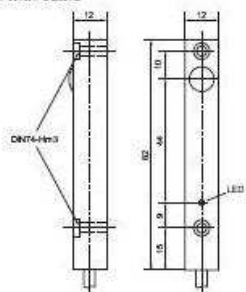
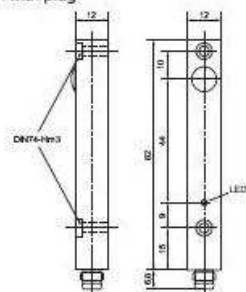
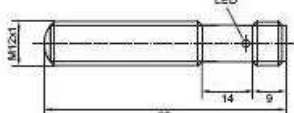


npn transistor output

			
Supply voltage	brown	Pin 1	Pin 1
Ground (0V)	blue	Pin 3	Pin 3
ST- Input	black	Pin 4	Pin 4
SR-Output	black	Pin 4	Pin 4

The overall length of the power supply cable may not exceed 10 m (33 ft).
Otherwise the supply power must be made with a DC power supply, meet the EMC-directions.

Dimensions

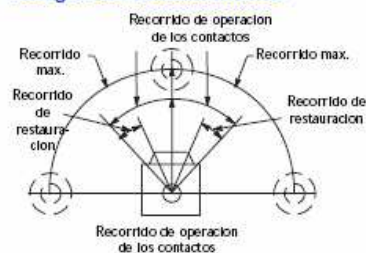
<p>CLN / CLV with cable</p> 	<p>LLA with cable</p> 	<p>LLA with plug</p> 
<p>CLN / CLV with plug</p> 		

dimensions in millimeter

Anexo I. Características del sensor de contacto seleccionado

Dispositivos de seguridad para detección de presencia Interruptores de final de carrera de seguridad Interruptores de acción de apertura directa 802T, tipo NEMA

Margen de funcionamiento



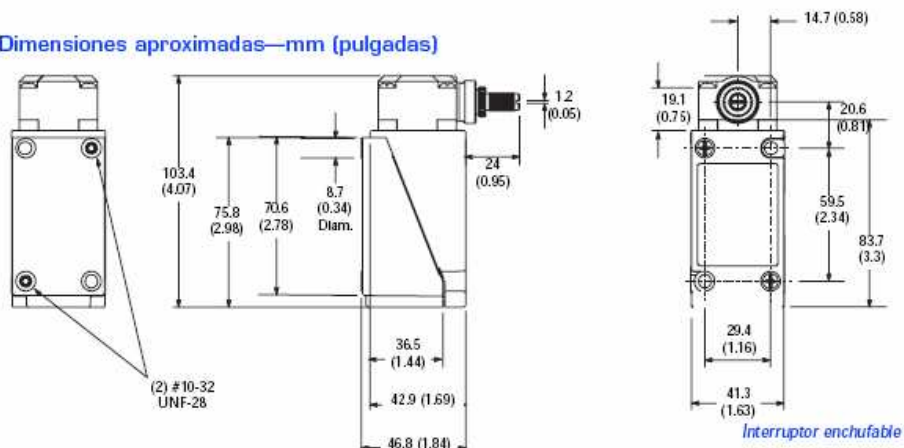
Tipo palanca
Retorno por muelle



Selección de productos

Número de circuitos	Movimiento de palanca frente afuncionamiento de contacto	Par/ Fuerza de operación (máx.)	Recorrido de operación (máx.)	Par/ Fuerza de operación acción de apertura directa (mín.)	Recorrido de operación acción de apertura directa (mín.)	Recorrido máx.	Recorrido de restauración de contactos (máx.)	Número de catálogo						
Tipo palanca •Retorno por muelle														
2	Hacia la derecha o hacia la izquierda	12 0 2 30 0 4 10 0 2 30 0 4 12 0 2 30 0 4	0.45 Nm (4.0 lb pulg.)	13°	0.90 N.m (8 lbf. pulg.)	25°	90°	7°	Interruptor sin palanca 802T-APD					
4		12 0 2 30 0 4 10 0 2 30 0 4 12 0 2 30 0 4 52 0 6 70 0 8 50 0 6 52 0 6 70 0 8							802T-ATPD					

Dimensiones aproximadas—mm (pulgadas)

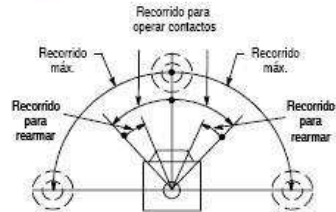


Interrupidores de final de carrera

802M tipo palanca • Retorno por muelle

Interrupidores precableados y sellados en fábrica

Margen de funcionamiento



Interruptor completo sin palanca



Sólo cabeza de operación



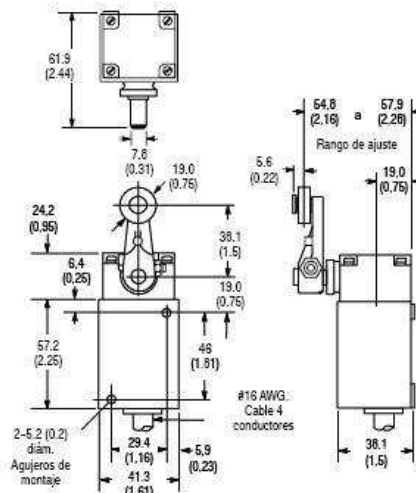
Cuerpo del interruptor solamente

Guía de selección

No. de circuitos	Movimiento de palanca frente a funcionamiento de contacto	Par de torsión (máx.)	Recorrido de operación de los contactos (máx.)	Recorr. máx.	Recorr. para rearmar los contactos (máx.)	Número de catálogo		
						Interruptor completo sin palanca ❶	Cabeza de operador solamente	Cuerpo del interruptor solamente ❷
2	Hacia la derecha o hacia la izquierda	0.34 Nm (3 lb pulg.)	15°	86°	6°	802M-AY5	802M-AX	802M-XY5
		0.56 Nm (5 lb pulg.)	8°		4°	802M-HY5	802M-HX	
	Hacia la derecha	0.34 Nm (3 lb pulg.)	15°		6°	802M-A1Y5	802M-A1X	
		0.56 Nm (5 lb pulg.)	8°		4°	802M-H1Y5	802M-H1X	
	Hacia la izquierda	0.34 Nm (3 lb pulg.)	15°		6°	802M-A2Y5	802M-A2X	
		0.56 Nm (5 lb pulg.)	8°		4°	802M-H2Y5	802M-H2X	

Dimensiones—mm (pulgadas)

2 circuitos



Peso de embalaje
1 lb 0.53 kg (3 oz)

Anexo J. Características de la válvula seleccionada

Válvula de respuesta rápida MH2 de 5/2 vías

Gran rendimiento, estabilidad en los procesos y manejo sencillo: las válvulas de respuesta rápida MH2 son la respuesta adecuada.

Características

- Precisión de repetición inferior a 0,2 ms para, p. ej., exactitud en la dosificación/plegado
- Tiempo de maniobra de 2 ms para ciclos cortos y respuestas rápidas

- Ancho de 10 mm para conseguir un alto grado de integración
- Conexión variable como válvula individual, variante con conexiones roscadas o en placa base para una instalación en función de las necesidades

- Tipo de protección IP65 para montaje directo, sin medidas de protección adicionales
- Instalación sencilla mediante accionamiento directo desde PLC estándar de 24 V DC/1A

Datos técnicos	
Medio de transmisión	Aire comprimido filtrado (40 µm), lubricado o sin lubricar, vacío
Función	Electroválvula de asiento, directamente pilotada
Diámetro nominal	2 mm
Caudal nominal	100 l/min
Presión de funcionamiento	-0,9 ... +8 bar
Temperatura del fluido y del ambiente	-5 ... +60 °C (tiempo de utilización 100 %)
Ancho/patrón	10 mm/14 mm
Peso	0,065 kg
Medidas válvula individual	84 x 10 x 34 mm
Tipo de conexión	Conector o cable
Tensión de funcionamiento	24 V DC ±10 %
Consumo	6,5 W durante aprox. 4,5 ms, a continuación 2 W
Tiempo de utilización	100 %
Tipo de protección con cable sellado	IP 65 (EN 60529)
Tipo de protección con base de enchufe	IP 65 (EN 60529) con KMYZ-3 ... IP 40 (EN 60529) con KMYZ-4 ...
Con accionamiento manual auxiliar	Mediante pulsador
Tiempo/frecuencia de maniobra	
Tiempo de conexión/desconexión	1,9 ms/1,7 ms (+10/-30 %)
Frecuencia máxima de maniobra (temporalmente)*	300 Hz
Precisión de repetición	máx. 0,2 ms
Conexión	
Válvula individual	Racor QS-4 o conexión roscada M7
Válvula con conexiones roscadas	Válvula (2+4): M5 o QS-4 Placa base (1+3+5): M7
Válvula para placa base	Placa base (2+4): M5 Placa base (1+3+5): M7

* Frecuencia máxima de maniobra en funcionamiento permanente: bajo demanda

Mayor rapidez y precisión: las nuevas válvulas de 5/2 vías de la serie MH2

Las válvulas de respuesta rápida MH permiten aumentar la frecuencia de los ciclos de proceso y mejorar la calidad de las piezas gracias a su excelente precisión de repetición.

Válvula individual de 5/2 vías



Válvula de 5/2 vías sobre placa base individual



Montaje en batería con válvulas de 5/2 vías



FESTO

Anexo K. Características de botones y pulsadores seleccionados

BACO®

PUSHBUTTONS

MUSHROOM HEADS

Mushroom Heads

Dia 40mm. Turn To Reset.
3 x STOP

Dimensions

Red

C23ED11

Green

C23AD02

Yellow

C23AD04

PUSHBUTTON HEADS IP65

Non Illuminated

Flush Spring Return

Dimensions

Red

C21AA01

Green

C21AA02

Black

C21AA03

Yellow

C21AA04

SPRING RETURN TWIN & TRIPLE TOUCH BUTTONS IP40

Without Indicator Light

With Indicator Light

V62QA02

V62QB02

V62QA11

V62B051

V62QH02

LENSES

Type

Red

Green

Transp.

Yellow

Ribbed Lens

C20SA10

C20SA20

C20SA30

C20SA40

Clear Lens

C20SB10

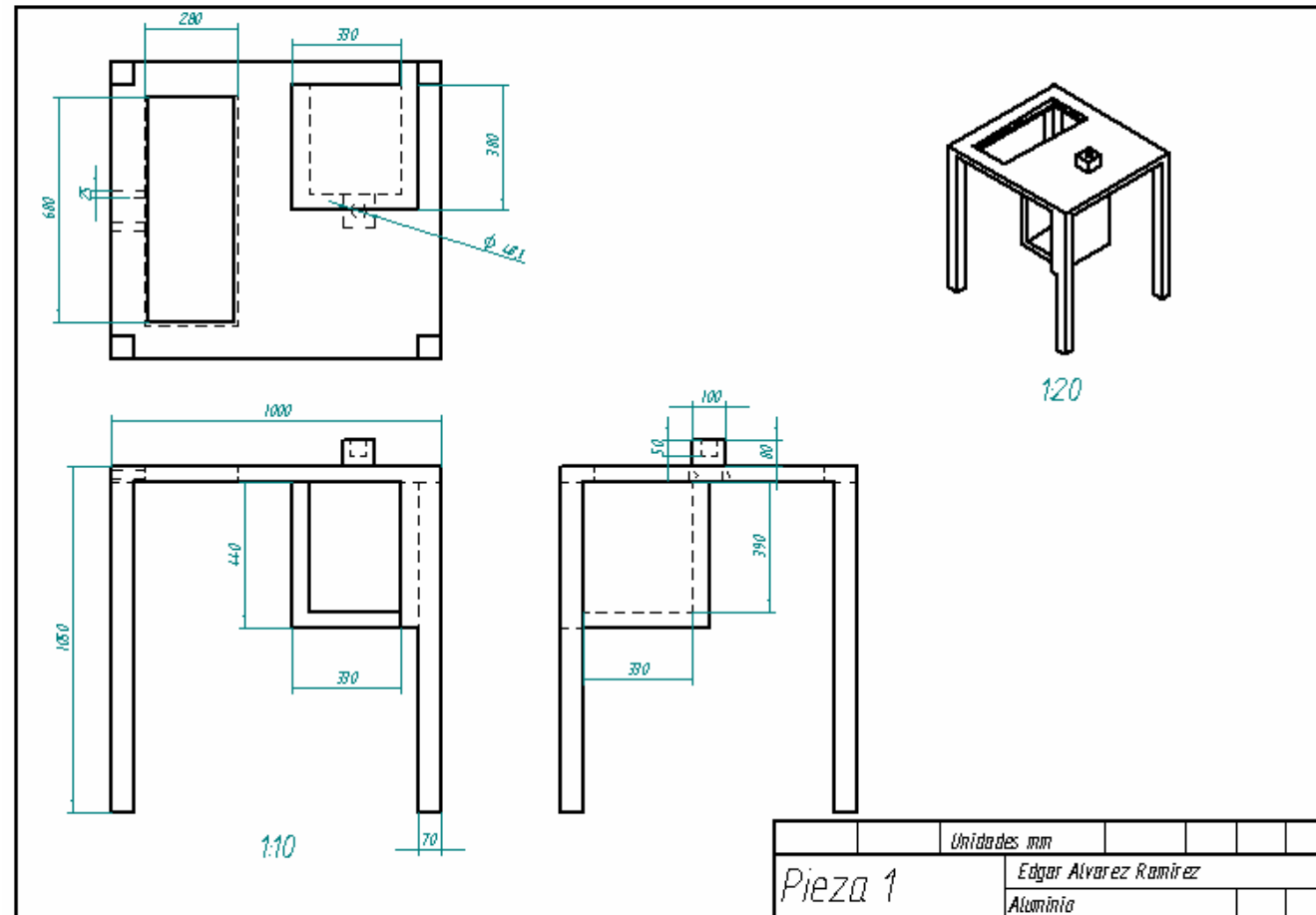
C20SB20

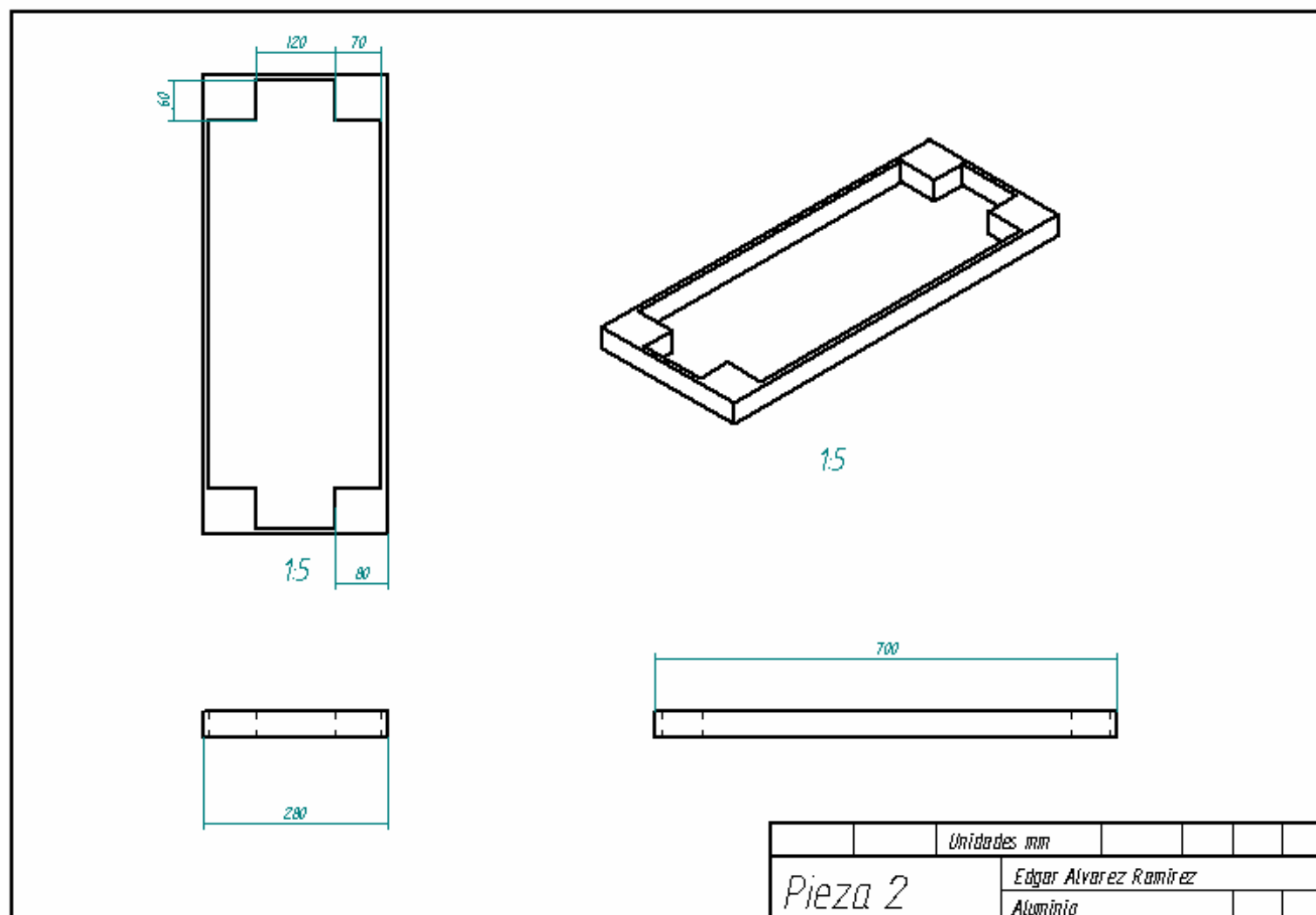
C20SB30

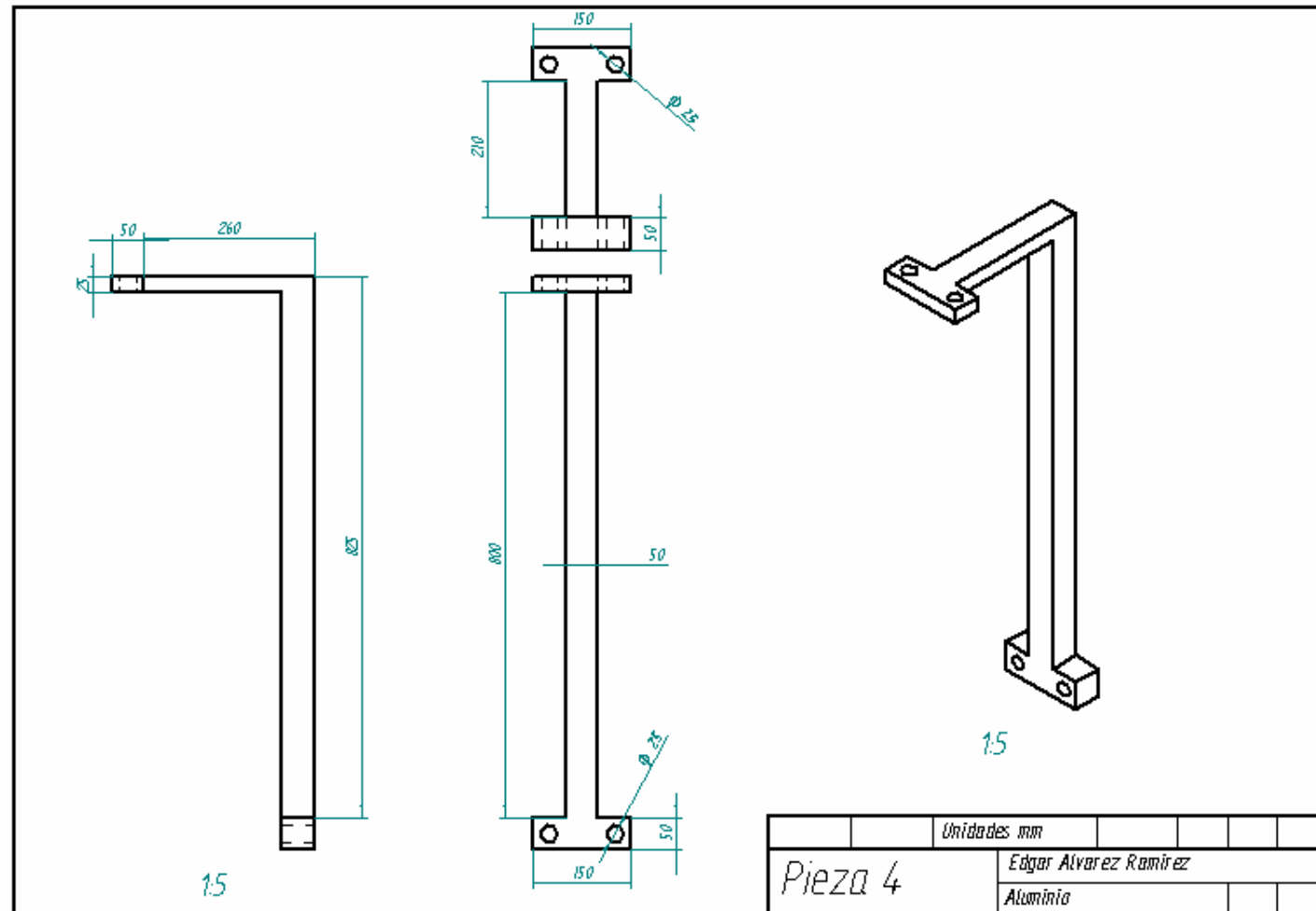
C20SB40

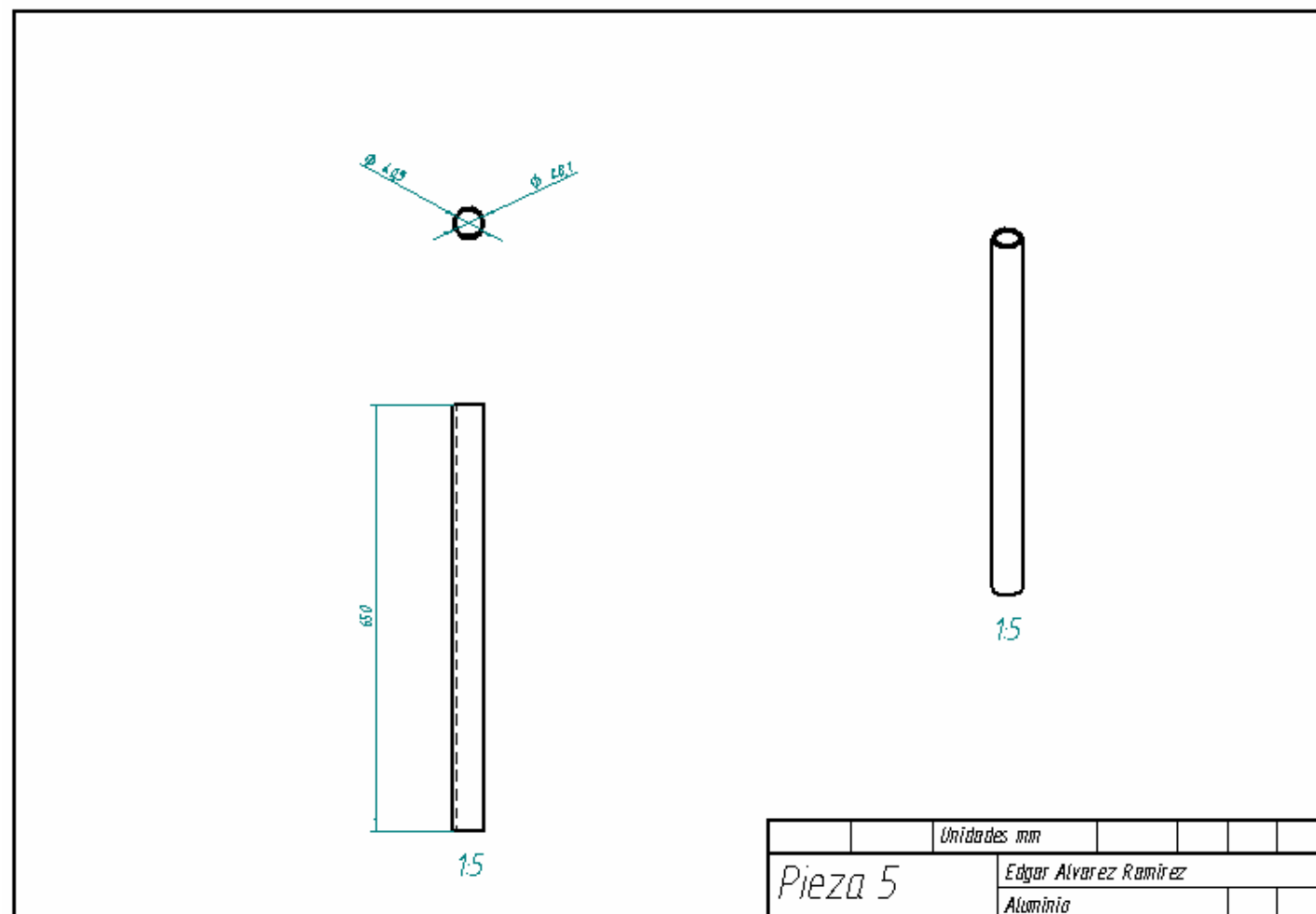
For WE18 Text/Symbol Insert see page 140.

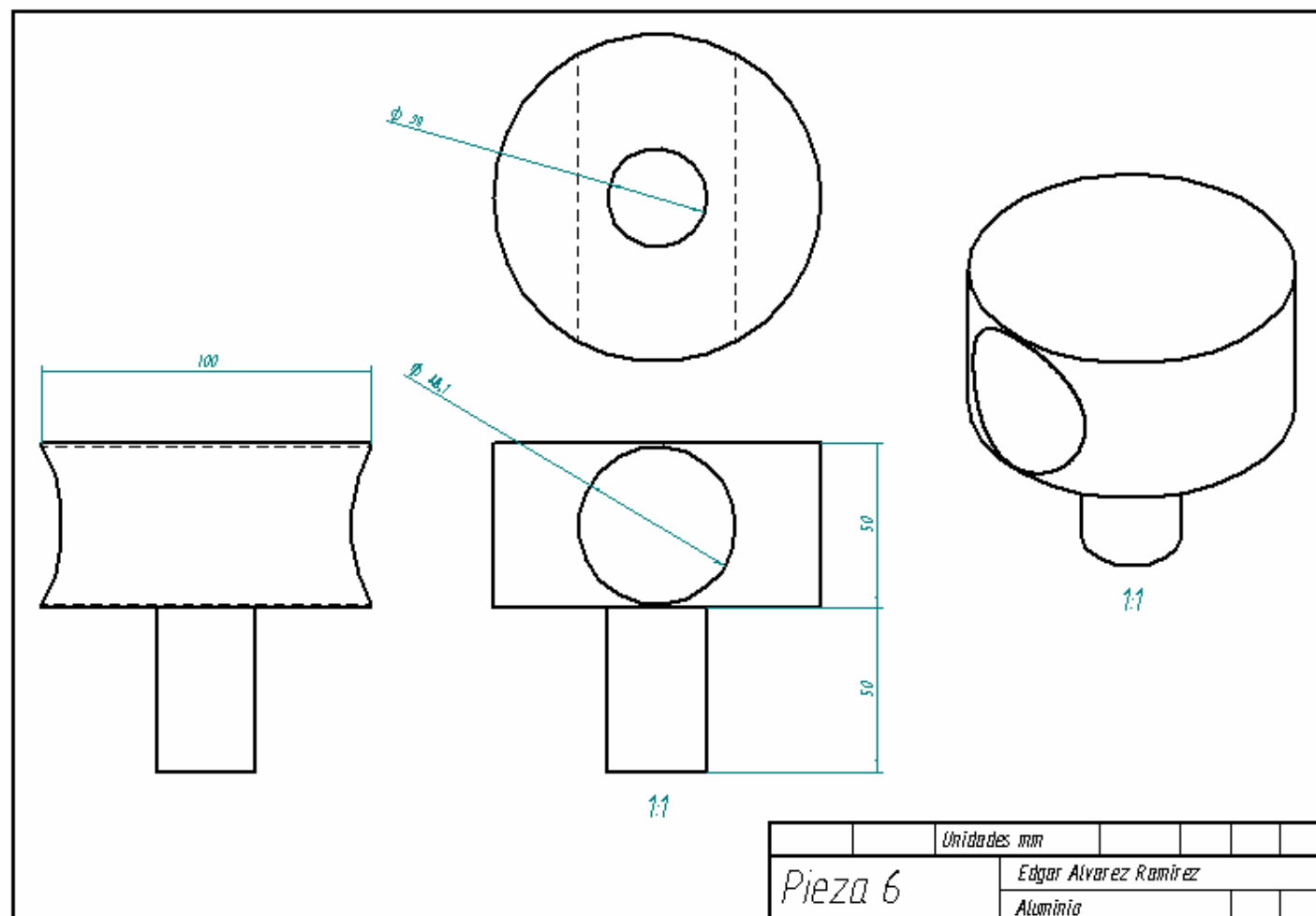
Anexo L. Planos de la maquina

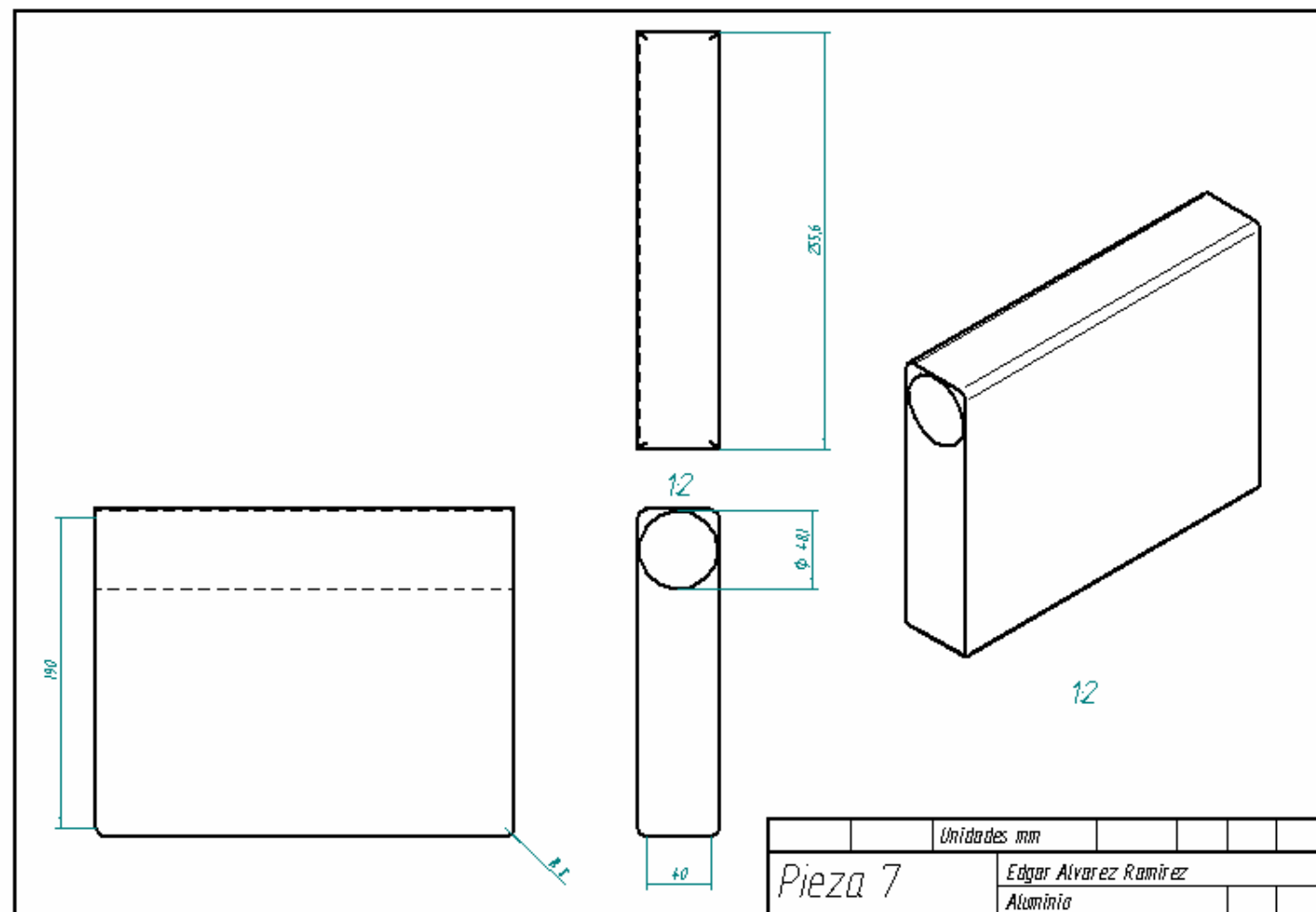


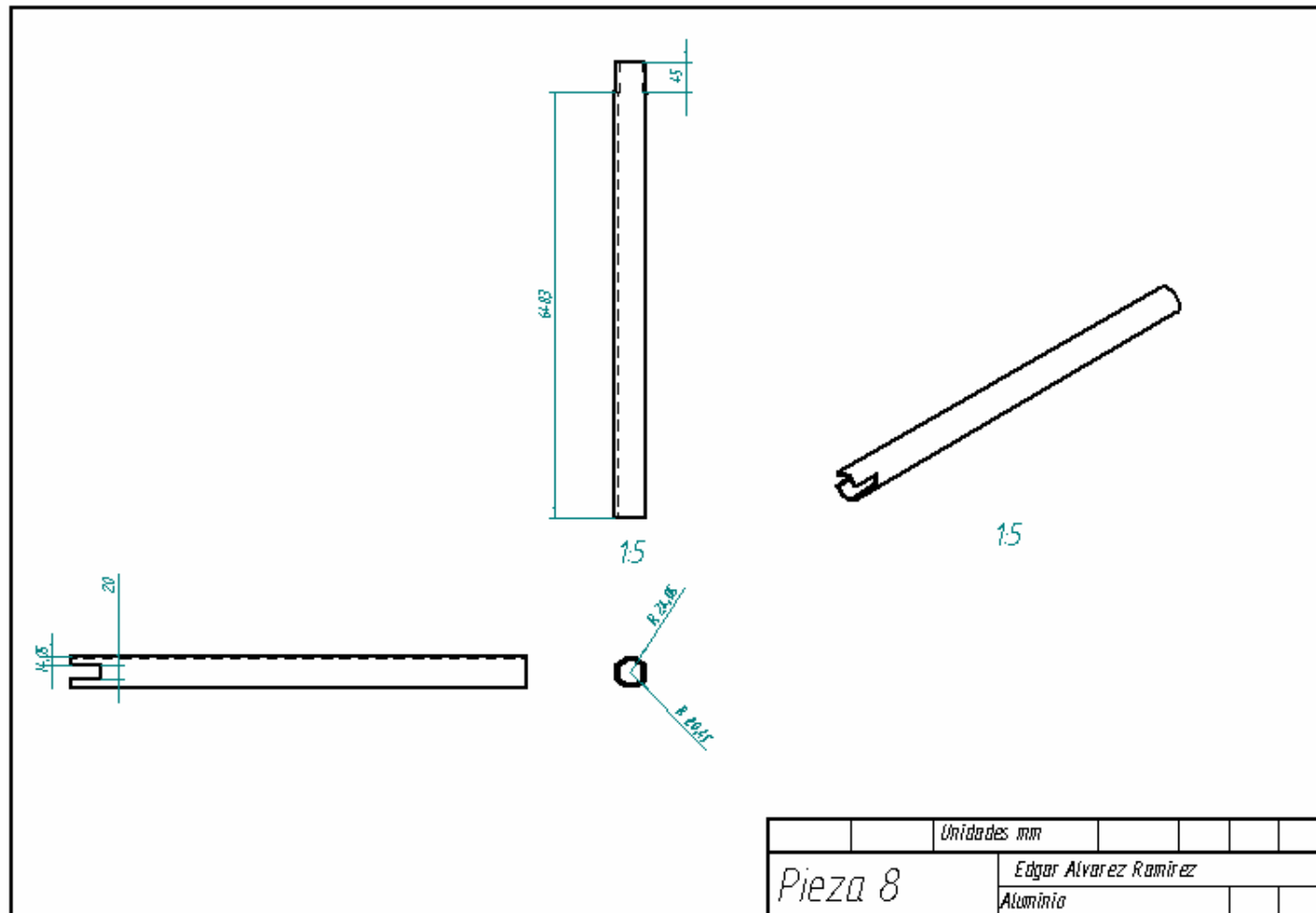


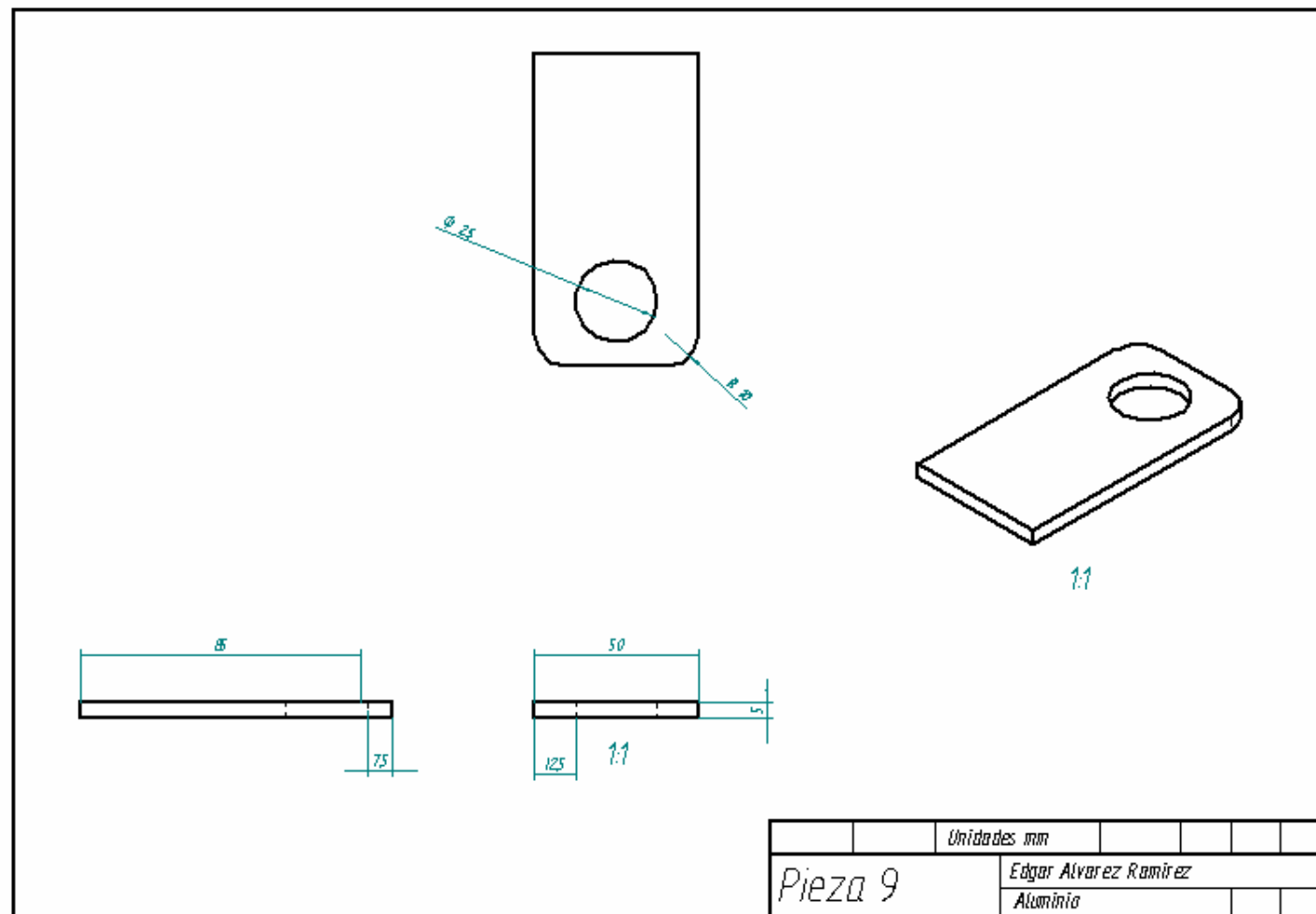


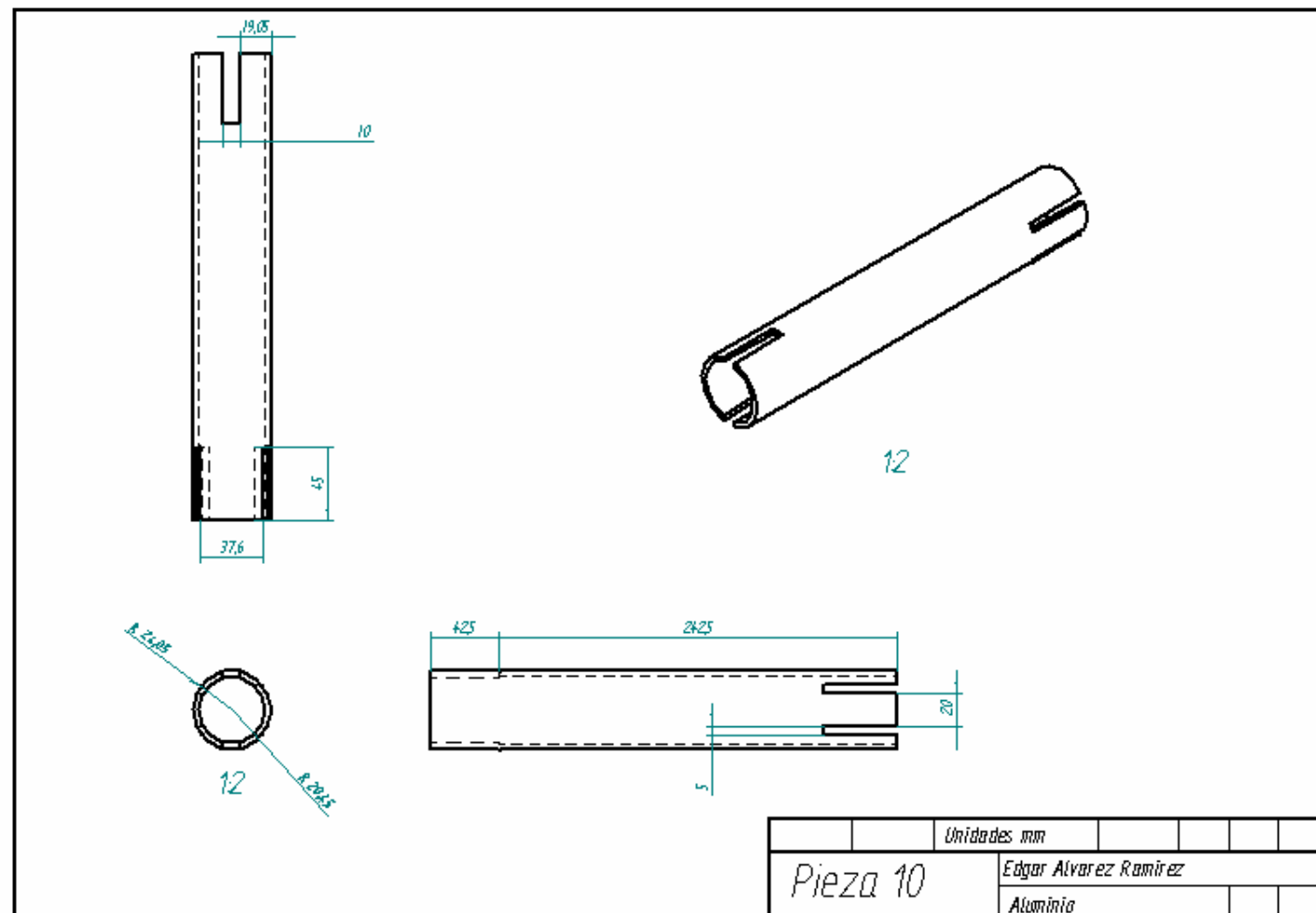


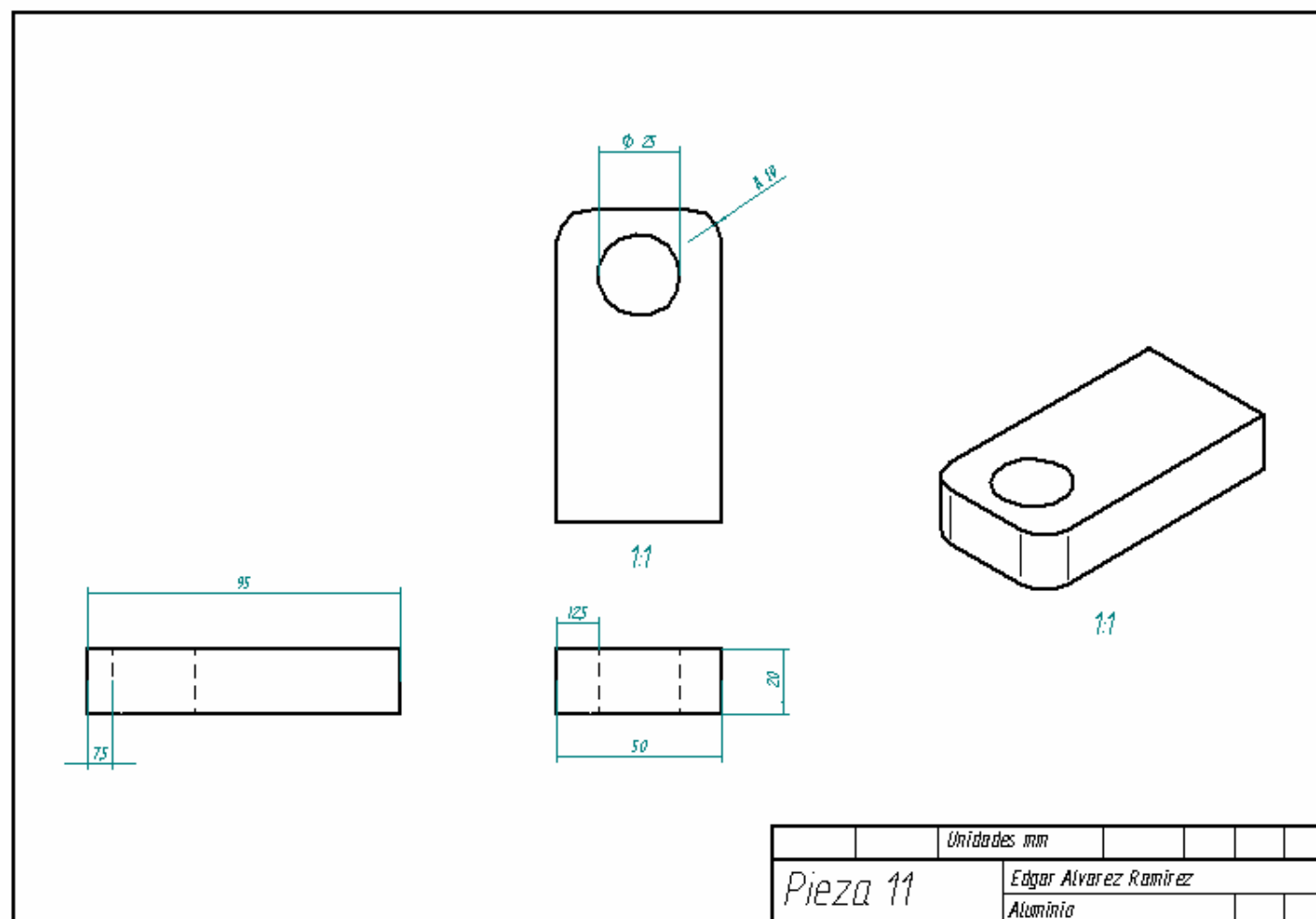


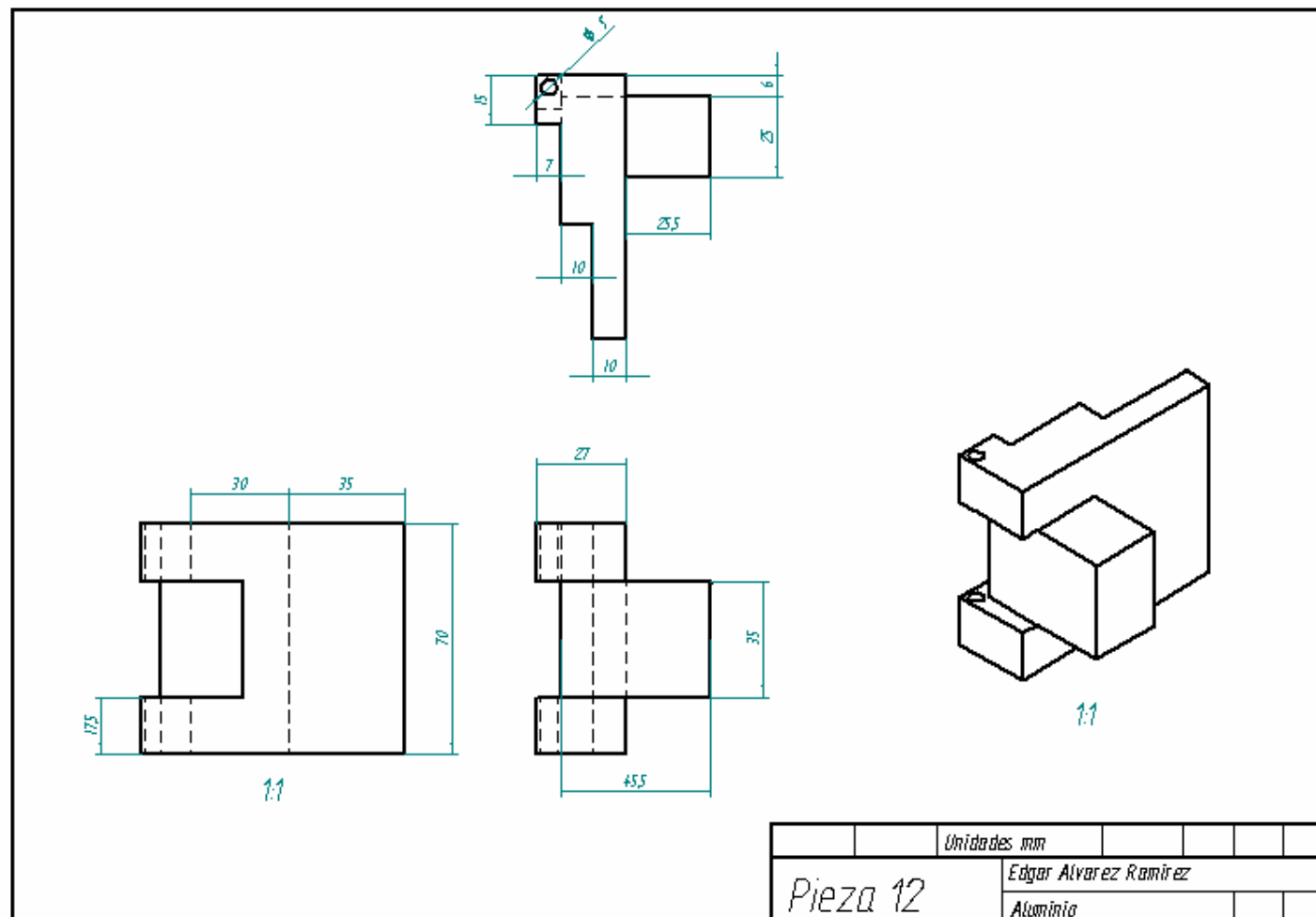


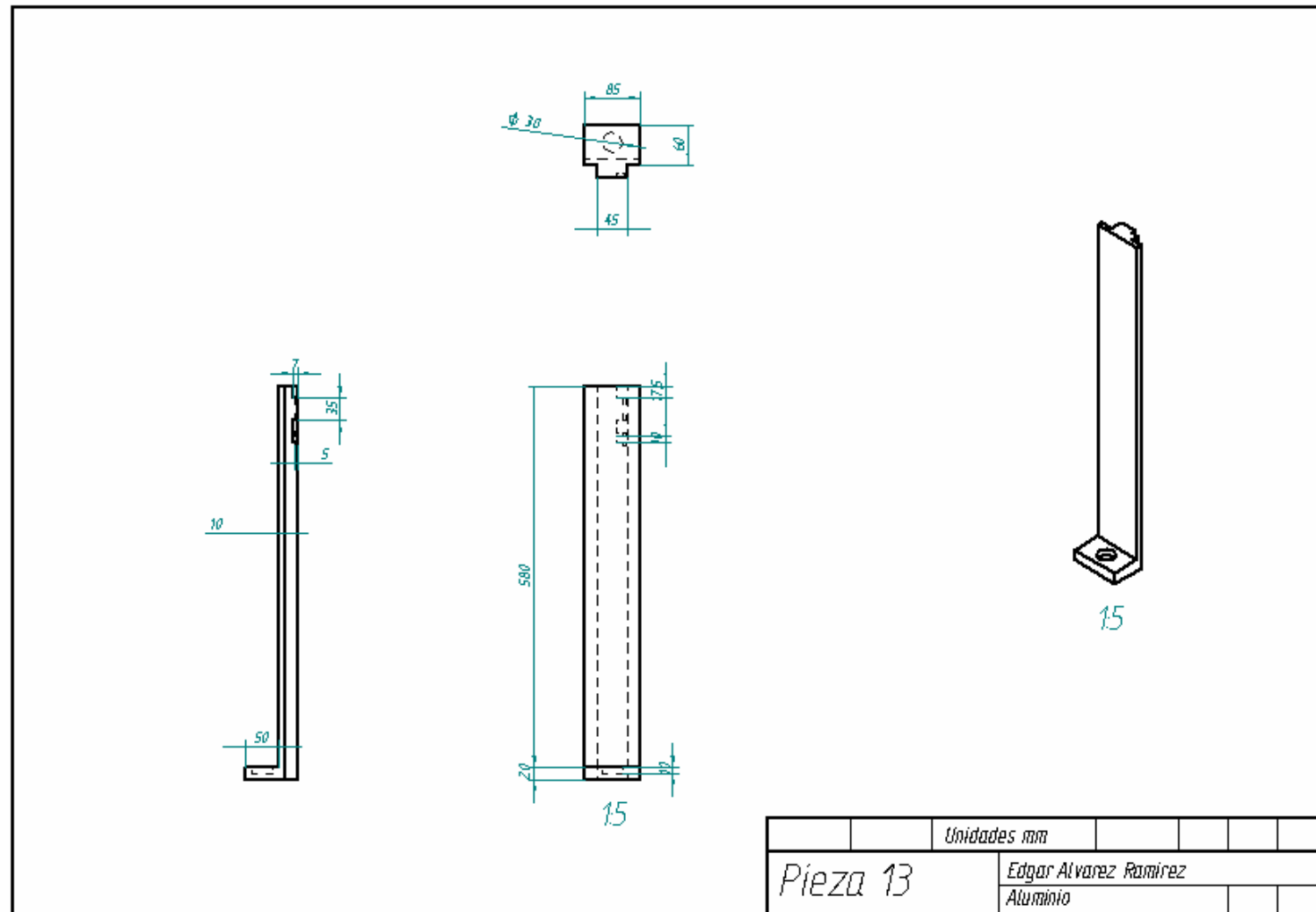


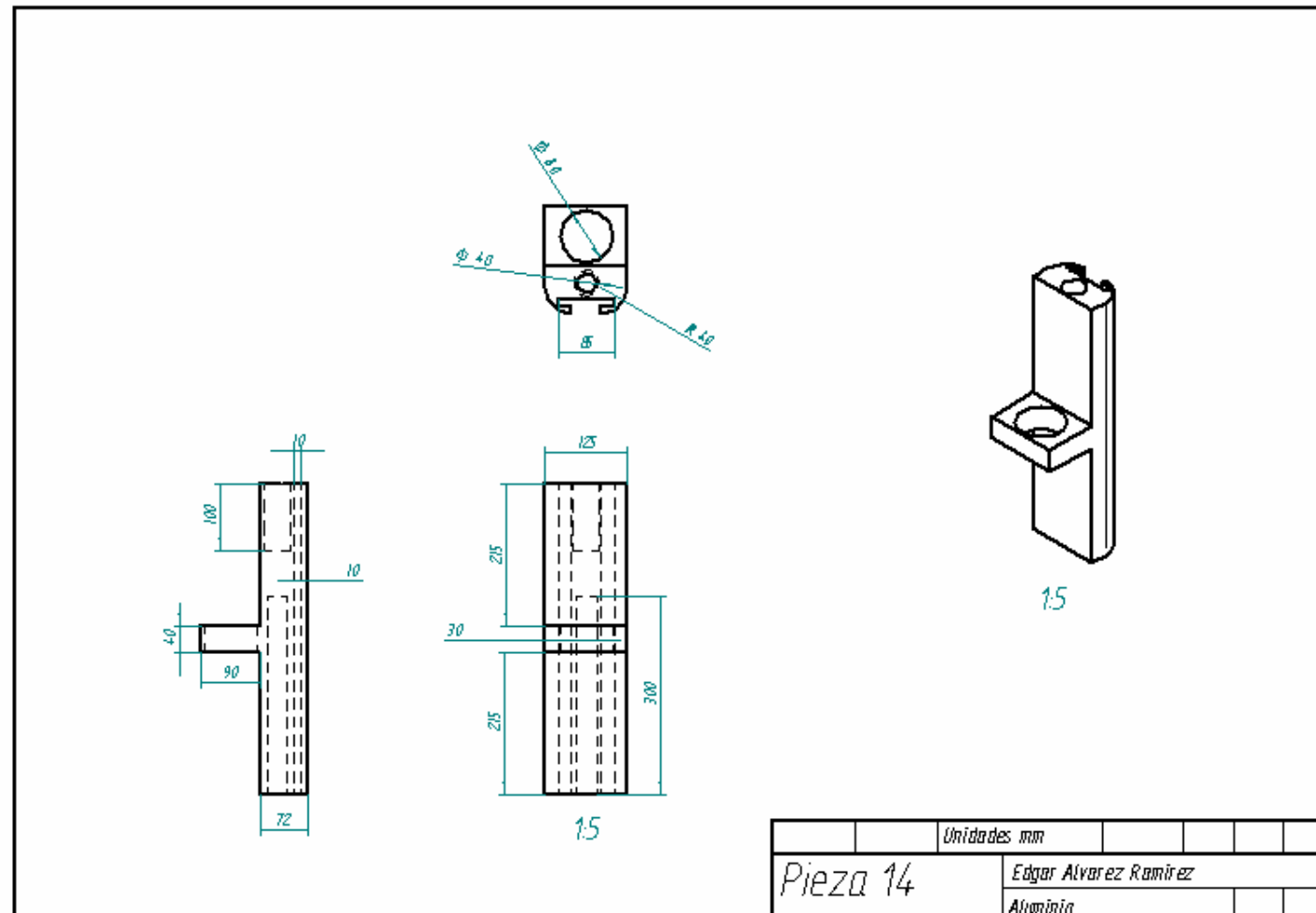


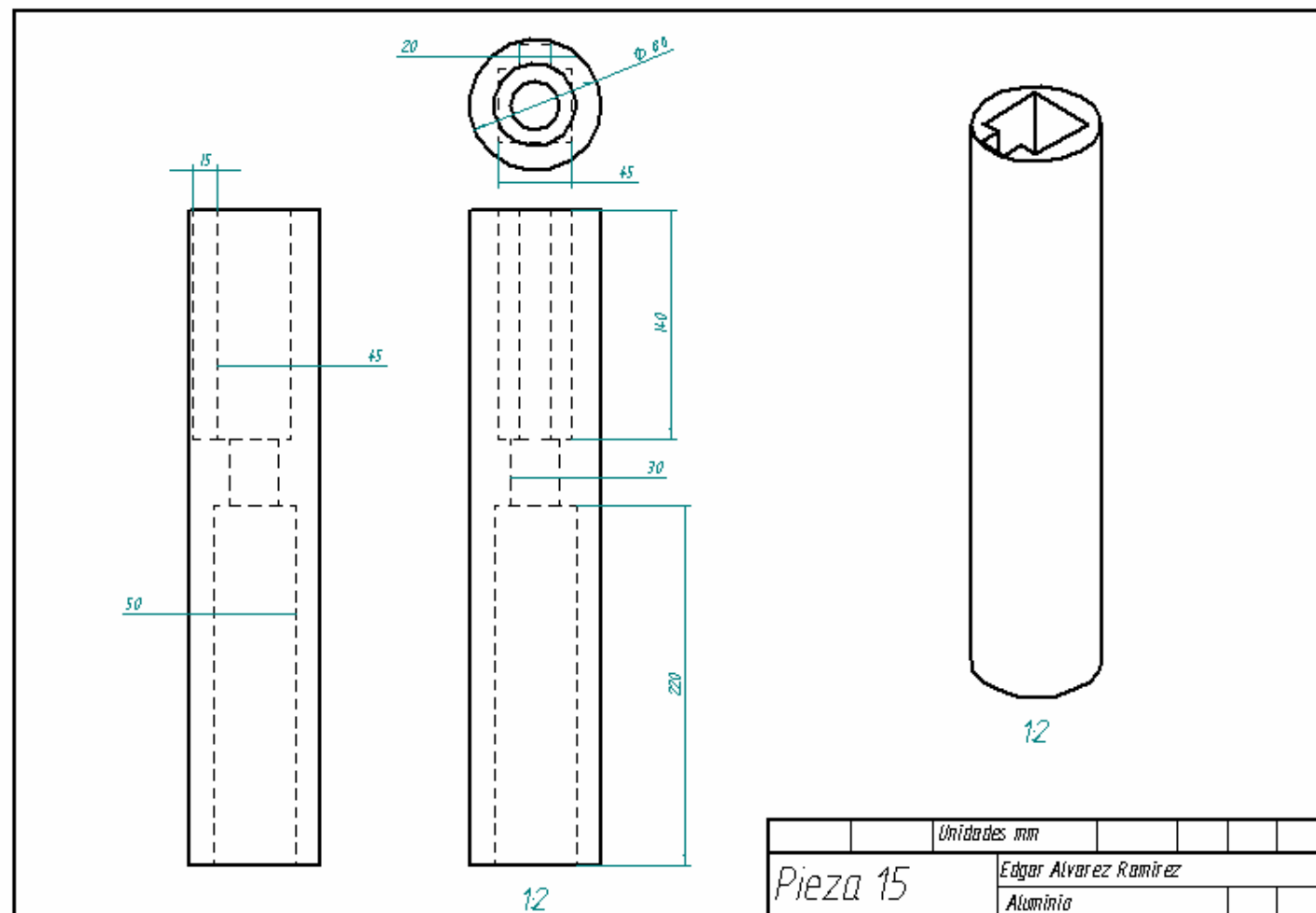


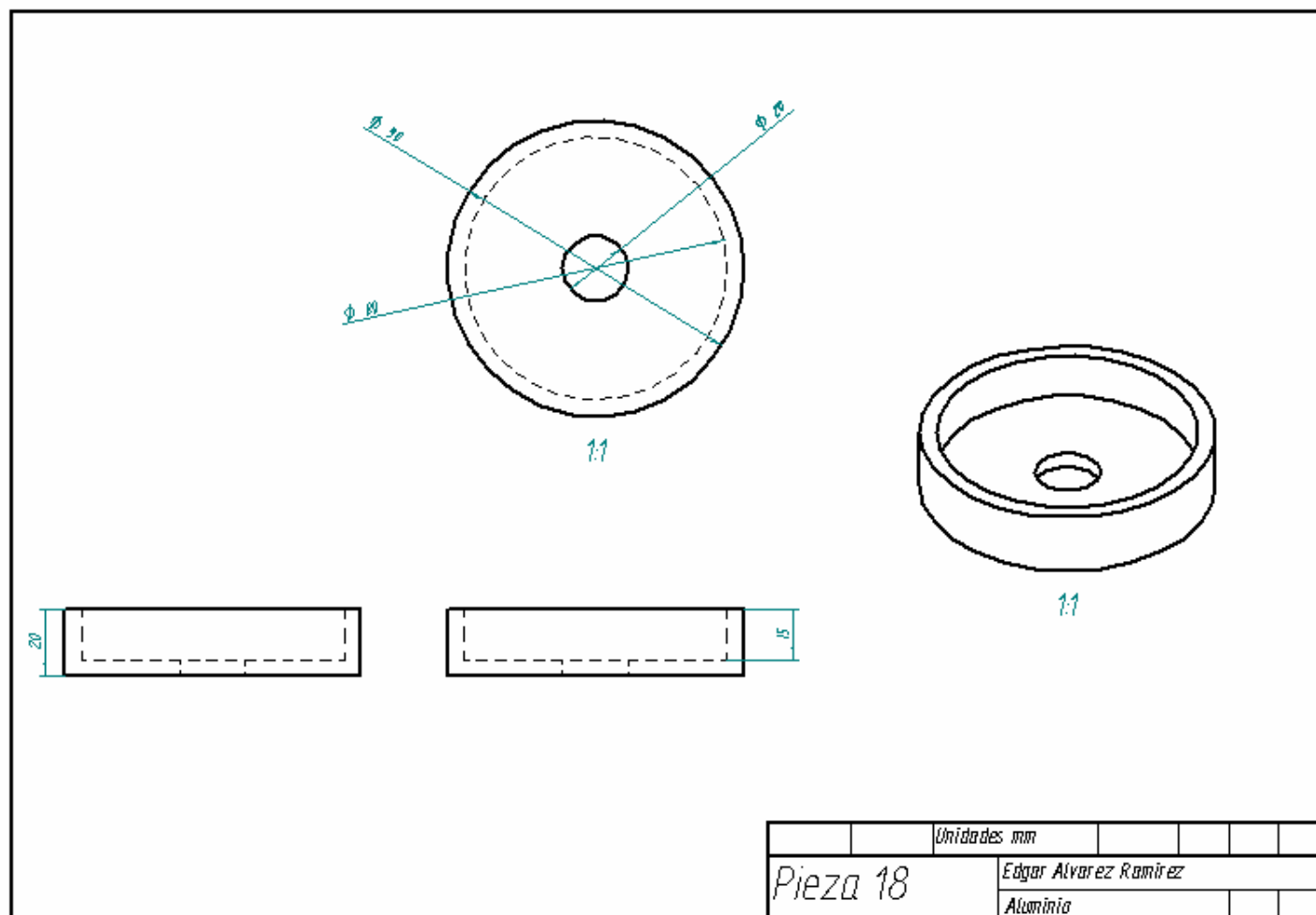


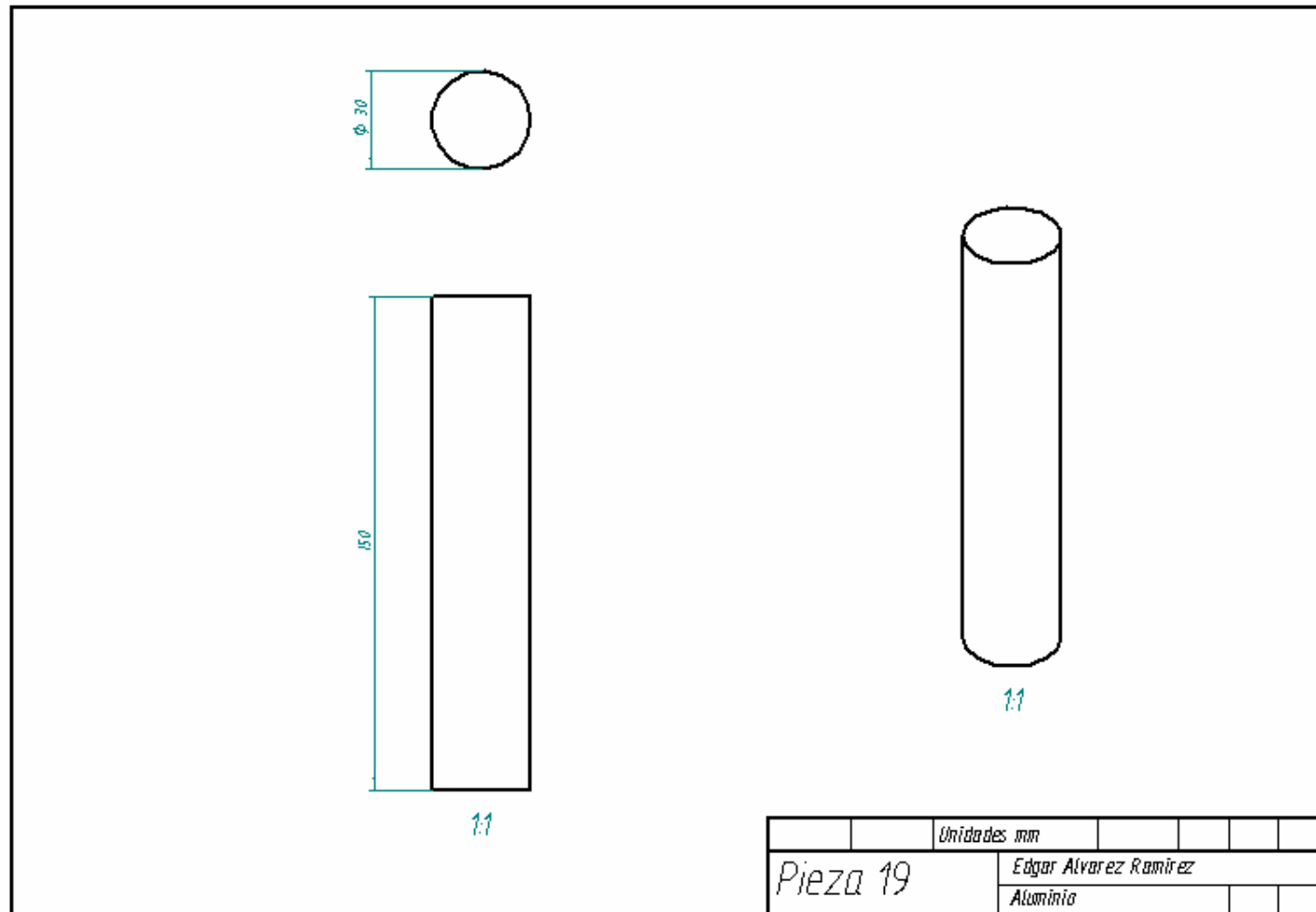


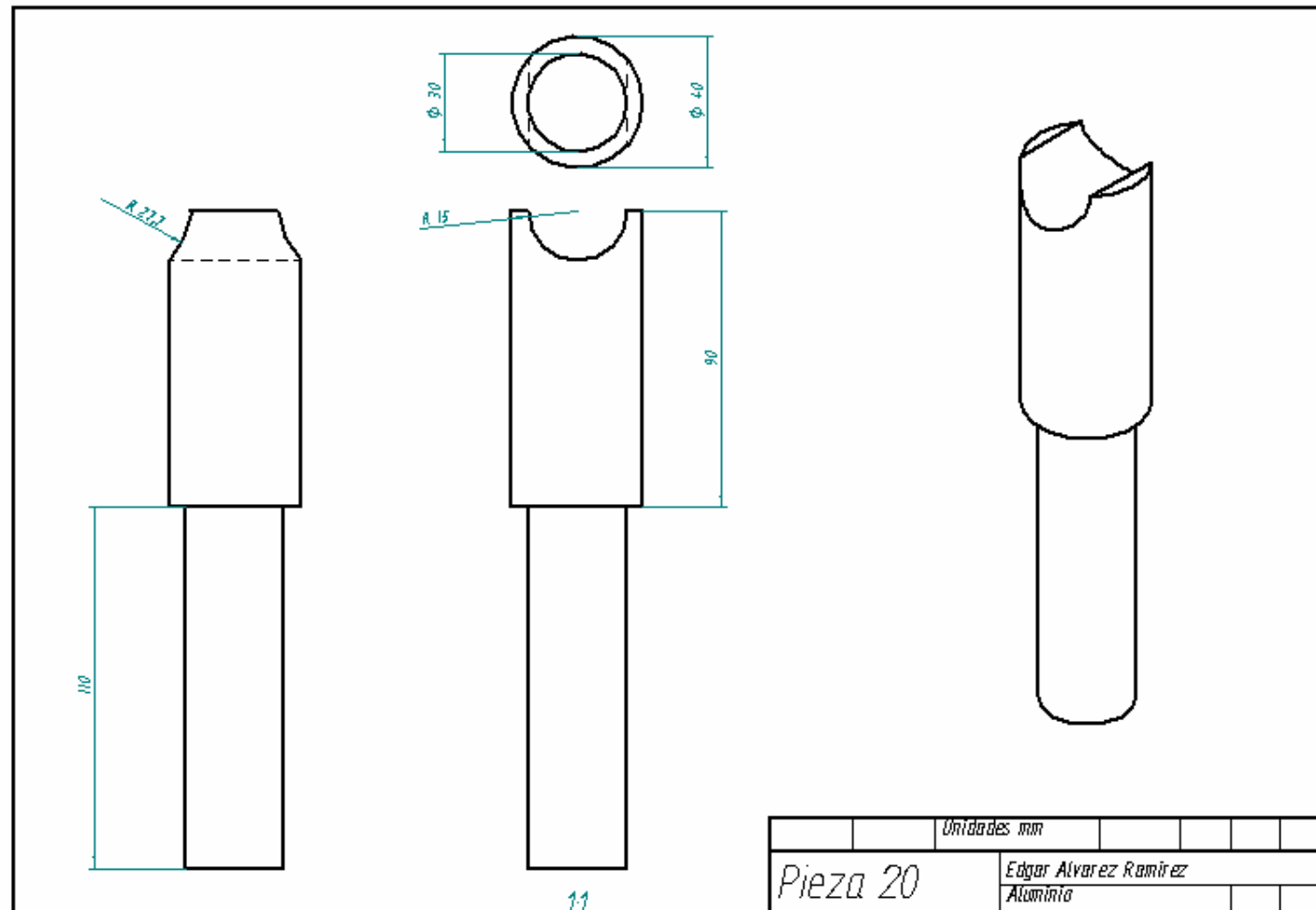












Anexo M. Paper

DISEÑO DE MAQUINA QUE INYECTA SILICONA LIQUIDA PARA PEGADO DE VIDRIO TEMPLADO CURVO DE SEGURIDAD DE LUMINARIAS CALIMA TIPO 2.

Edgar Álvarez Ramírez

edgarar13@hotmail.com

Ingeniería mecatrónica

Universidad Autónoma de Occidente.

En el siguiente paper se tratara de explicar las diferentes etapas de diseño que se llevaron a cabo para la realización de este trabajo desde la recolección de información para identificar los aspectos y necesidades mas relevantes que el cliente quiere para su producto hasta el diseño detallado del mismo explicando el porque de cada cosa que se realizo durante el diseño incluyendo la parte mecánica, electrónica y su respectiva fase de control , llevando estas tres etapas de forma concurrente lo que permite un diseño muy optimo, y lo mas importante que tanto el cliente como los diseñadores se sientan identificados con el diseño del producto.

Palabras claves: Automatización, Control, esfuerzos, Inercia, momentos, PLC, neumática, adhesión.

1. INTRODUCCION.

Las industrias en Colombia cada vez le están prestando más atención al desarrollo tecnológico, esto gracias a los cambios que se presentan en el mercado y la globalización económica que se esta dando en estos momentos.

La automatización en las empresas se a convertido en una herramienta muy importante para mejorar la calidad de los productos, los tiempos de fabricación y bajar los costos de producción.

Este proyecto se realiza con el fin de mejorar una etapa de la fabricación de luminarias calima 2. Al darse una mayor eficiencia en el sector de maquinaria, lograra que la empresa disminuya la producción de piezas defectuosas, y por lo tanto aumente una mayor calidad en los productos que se logran mediante la exactitud de las maquinas automatizadas, todo esto ayuda a que la empresa

mediante la utilización de inversiones tecnológicas aumente toda su competitividad en un porcentaje considerable con respecto a toda su competencia, al no realizar la automatización de los procesos la empresa corre el riesgo de quedar rezagada tecnológicamente hablando.

Aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera y a la necesidad planteada por Roy-Alpha S.A, se llevara a cabo el respectivo diseño tanto mecánico, como electrónico de la maquina.

2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

La empresa ROY- ALPHA S.A. busca mejorar, agilizar y automatizar el proceso de pegado de vidrio en las luminarias calima 2, esto hace parte de la automatización y estandarización de los procesos por parte de la empresa, ya que esta

operación es realizada por un operario de forma manual.

Motivo por el cual se realizara el diseño de una maquina que inyecta silicona liquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2.

Para los procesos que cubran la producción se deben realizar mejoras, optimizando de esta manera las líneas de producción y obteniendo una ganancia en tiempo, menor pérdida de material y entregando una mayor producción.

3. MARCO TEORICO.

Para la realización de este proyecto en necesario saber sobre algunos conceptos
Sobre la adhesión, y la neumática.

La adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares.

Se conoce con el nombre de adhesivo a la sustancia que puede mantener unidos a dos o más cuerpos por contacto superficial. Su importancia en la industria moderna es considerable, para el proyecto el adhesivo utilizado por la empresa es la silicona marca Sista para vidrio y aluminio transparente.

Características. Sista Dow Corning Silicón para Vidrio y Aluminio, es un sellador 100% silicón que por su excelente calidad es la mejor opción para el mercado vidriero y aluminio. Por su consistencia, es fácil de aplicar y repasar, no se despegas, agrieta o endurece, y por su gran adhesión impide la filtración de agua. Puede usarse en interiores y exteriores, sellando juntas de vidrio y aluminio, aparadores, ventanas, puertas, domos de vidrio, etc.

Para poder usar la silicona se necesita un aplicador para eso se utiliza una pistola de silicona industrial que funciona de forma neumática.

La Neumática es la rama que se dedica al estudio y aplicaciones prácticas del aire comprimido. El

aire comprimido es aire tomado de la atmósfera y confinado a presión en un espacio reducido.

En los sistemas neumáticos, el aire comprimido se produce en un elemento llamado compresor, que es una bomba de aire comprimido accionada normalmente por un motor eléctrico. Este aire se almacena en un depósito denominado receptor. Desde éste, el aire es conducido a través de válvulas a los cilindros, que son los componentes encargados de realizar el trabajo. Cuando el aire comprimido fluye en el interior de un cilindro, aumenta la presión y obliga a desplazarse a un émbolo situado en su interior, y proporcionando un movimiento lineal y realizando un trabajo. La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte.

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 = P_3 \times V_3 = \text{constante}$$

4. PERMISAS Y RESTRICCIONES.

- Dispositivo Mecatrónico que permita sujetar y manipular luminarias.
- Carga máxima de la luminaria (peso) 1.3 kg.
- El tamaño de la maquina debe de ser acorde con el espacio disponible en la empresa.
- Facilidad de mantenimiento y reparación.
- Componentes de fácil consecución nacional.

4.1. Identificación de las necesidades del cliente.

Para obtener un mejor diseño de la maquina es importante identificar las necesidades del cliente. Estas necesidades se organizan en 3 grupos que

son: necesidades funcionales, necesidades estructurales y necesidades estéticas y económicas, dándole un nivel de importancia a cada una de estas necesidades.

4.1.1. Necesidades funcionales.

- Que la maquina esparza silicona por el rededor de la luminaria.
- Que la maquina limpie los excesos de silicona.
- Que sea rápida y precisa.
- Que sea fácil de utilizar.
- Que sea segura.

4.1.2. Necesidades estructurales.

- Que se pueda rediseñar en la misma plataforma.
- Facilidad de acople con las luminarias.
- Que sus dimensiones sean acorde con el espacio en la planta.
- Que el material escogido para la estructura resista las condiciones de trabajo de la maquina.

4.1.3. Necesidades estéticas y económicas.

- Que tenga buena presentación y cómodo para su utilización.
- Que tenga un consumo de energía razonable.
- Que el presupuesto para su futura construcción sea viable.
- Que el desperdicio de material sea mínimo.
- Que no sea ruidosa.

5. BENCHMARKING.

Con este método se analiza detalladamente la satisfacción de las necesidades del cliente en productos competidores otorgando una calificación de 1 a 5, esto con la finalidad de diseñar un producto que cumpla con todas las necesidades del cliente y llene los espacios que la competencia ha dejado.

6. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.

En esta etapa del trabajo se necesita descomponer el problema en subproblemas mas simples utilizando el método de descomposición funcional que consiste en representar el problema como una caja negra operando sobre un material, energía y flujo de señales, la caja negra se subdivide en subfunciones que describen mas específicamente que tiene que hacer cada elemento del producto para implementar la función principal y luego enfocarse en los subsistemas mas críticos, como se observa en la figura 1.

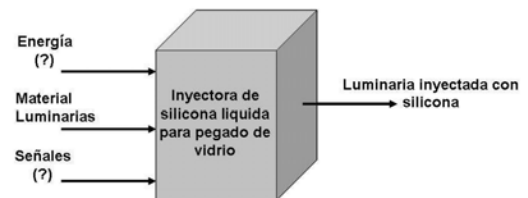


Figura 1. Caja negra funcionamiento básico de la maquina.

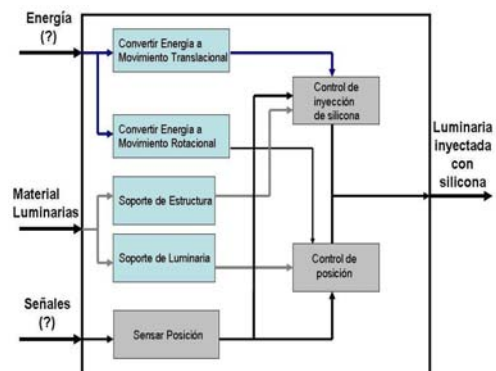


Figura 2. Descomposición funcional del sistema.

Para esta etapa de diseño resultaron 4 conceptos de los cuales se va a hablar del concepto seleccionado. El concepto que se muestra en la figura 3 fue el seleccionado por las características que presentan sus actuadores, además es un diseño robusto y confiable que se adapta a las necesidades del cliente.

6.1. Concepto a desarrollar.

- *Motor DC.*
- *Cilindro pistón.*
- *Sensor de proximidad.*
- *PLC.*
- *Mesa con brazo.*
- *Display.*

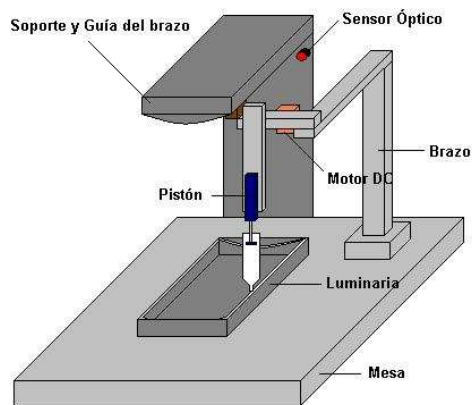


Figura 3. Concepto seleccionado.

Diseño de máquina que inyecta silicona líquida para pegado de vidrio templado curvo de seguridad de luminarias calima tipo 2, con el fin de automatizar la etapa de pegado del vidrio de seguridad de las luminarias.

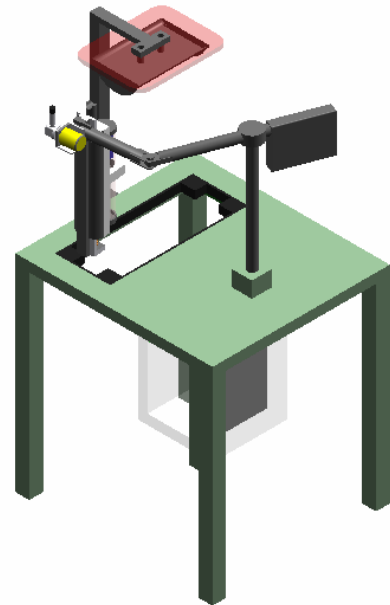


Figura 4. Diseño escogido (concepto 3).

En la figura 5, observamos el Esquema funcional del proyecto, donde encontramos los elementos que ejecutan las funciones principales de la máquina; encontramos un driver que va a ser el encargado de controlar el movimiento del motor, un sensor óptico que informa cuando el sistema termina de hacer el recorrido, una válvula que va a controlar la posición del pistón y todo esto se controla a través de un PLC.

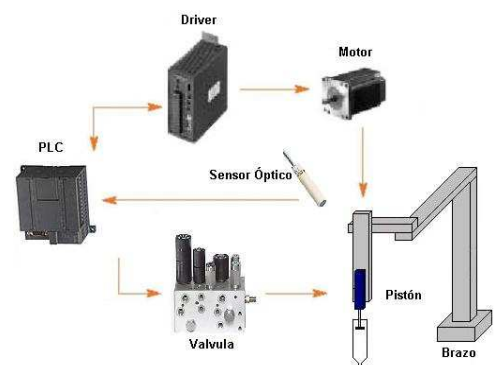


Figura 5. Esquema funcional.

7. Materiales.

7.1. Convertir energía a movimiento rotacional.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar un motor DC con un reductor, ya que posee la fuerza y el torque necesario para mover el sistema, además su control es fácil. Existen muchos tipos de motores DC en el mercado para saber cual de ellos sirve para el proyecto se deben ver las características del motor.

26 Frame Permanent DC Motors

Motors are available in 12, 24, or 90 volts.
Power range from 1/53 to 1/9 HP.

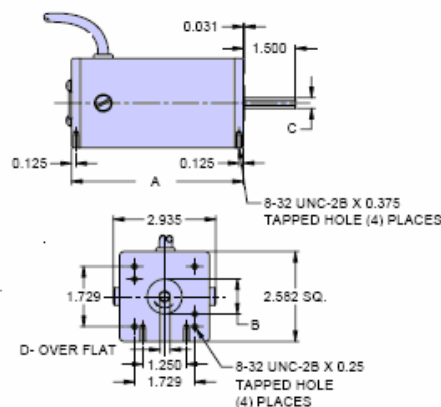


26 Frame Permanent Magnet DC Motors

Part Number	Volts	HP	RPM	Watts	Amps	Form Factor	Torque (N·m)
051-206-4005	12	1/44	1870	31	2.61	1.0	12.7
	24	1/18	4246	66			
051-206-4015	12	1/20	1800	54	4.51	1.0	28.8
	24	1/9	4000	108			
051-206-5005	90	1/53	2475	26	0.29	1.3	7.6
051-206-5015	90	1/27	1810	41	0.46	1.3	20.8

Part Number	Volts	Torque Constant	Terminal Resistance	Voltage Constant	Shipping Wt.	Brush
051-206-4005	12					
	24	6.713	1.069	4.963	3.75	G
051-206-4015	12					
	24	7.796	0.458	5.769	5.25	G
051-206-5005	90	42.578	41.594	31.508	3.75	F
051-206-5015	90	59.621	24.908	44.120	5.25	F

Figura 6. Características del motor.



Part Number	A	B	C	D
051-206-4005	3.750	0.875	0.250	0.218
051-206-4015	4.930	1.000	0.312	0.281
051-206-5005	3.750	0.875	0.250	0.218
051-206-5015	4.930	1.000	0.312	0.281

Figura 7. Dimensiones del motor.

7.2. Sensar posición.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar un sensor proximidad, ya que este posee una gran precisión, una rápida respuesta a las señales, además es muy económico, fácil de usar y existe gran variedad en el mercado.



- Photo electric system with modulated infrared light
- Self-contained amplifier
- Range up to 40 m (131 ft)
- Transistor output npn/pnp
- Switching frequency max. 500 Hz
- Metal housing, IP 67
- Outputs are short circuit proof
- Reverse polarity protection

Figura 8. Sensor de proximidad.

7.3. Convertir energía a movimiento traslacional.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar un pistón, ya que posee la fuerza necesaria para inyectar la silicona, además son fáciles de utilizar y existe gran variedad de estos en el mercado, los más comunes son de efecto simple y efecto doble. Para este caso se selecciono uno de efecto doble.



Fuerzas [N] y energía de impacto [J]			
Diámetro del émbolo	32	40	50
Fuerza teórica con 6 bar en avance	483	754	1 178
Fuerza teórica con 6 bar en retroceso	415	633	990
Energía máx. de impacto en las posiciones finales	0,4	0,7	1

Figura 8. Cilindro pistón.

7.4. Controlar la presión.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar una válvula para facilitar el funcionamiento del pistón, las válvulas controlan el flujo y la dirección de gas que entra en el pistón permitiendo que este salga o entre a una velocidad y posición deseada.

Válvula individual de 5/2 vías



FESTO

Características

- Precisión de repetición inferior a 0,2 ms para, p. ej., exactitud en la dosificación/plegado
- Tiempo de maniobra de 2 ms para ciclos cortos y respuestas rápidas
- Tipo de protección IP65 para montaje directo, sin medidas de protección adicionales
- Instalación sencilla mediante accionamiento directo desde PLC estándar de 24 V DC/1A
- Ancho de 10 mm para conseguir un alto grado de integración
- Conexión variable como válvula individual, variante con conexiones roscadas o en placa base para una instalación en función de las necesidades

Figura 9. Válvula 5/2 vías.

7.5. Control del movimiento rotacional.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar un Drive o controlador de velocidades del motor, esto con el fin de facilitar la utilización y tener un mejor control del motor. Además de proteger el sistema eléctrico.

MICROMASTER 410, Características Principales:

- Alimentación monofásica en dos variantes: 1AC 220V y 1AC 110V.
- Entradas digitales libremente configurables.
- 1 entrada analógica (0-10)V, puede ser utilizada como 4ª entrada digital.
- 1 salida a relé (60VDC/5A - 250VAC/2A) libremente configurable.
- Característica V/f lineal, cuadrática, multipunto y algoritmo de regulación FCC (Flux Current Control) que optimiza la tensión aplicada al motor para todas las frecuencias de salida y condiciones de carga.
- Amplias funciones integradas de protección del motor y del convertidor.
- Puerto de comunicación RS485 integrado para interconexión a redes industriales.



Figura 10. Variador de velocidad.

7.6. Control del sistema.

Para el concepto seleccionado se decide utilizar un PLC. Los PLC son muy utilizados en la industria por su facilidad de programación, por su capacidad de funcionamiento en tiempo real y este va a ser el encargado de procesar las señales y controlar todo el sistema.

LOGO es simple: teclado y visualizador en un aparato, funciones básicas integradas; (por ejemplo. Y, O) funciones especiales (por

ejemplo,. relé de autorretención) típicas de la electrotecnia, creación del programa por simple combinación, pulsando teclas, de las funciones integradas, memorización no volátil del programa y de valores (por ejemplo, temporizaciones) gracias a EEPROM integrada, fácil y simple duplicación del programa a través de un módulo de programa opcional, LOGO ocupa poco lugar; Tamaño apto para cajas de distribución (mismo ancho y alto que un diferencial), de adaptación flexible gracias a reconfiguración de funciones pulsando teclas; reemplaza tediosos recableados, manejo opcional desde una PC; creación, simulación y archivo de programa desde PC, incluso posibilidad de documentación.

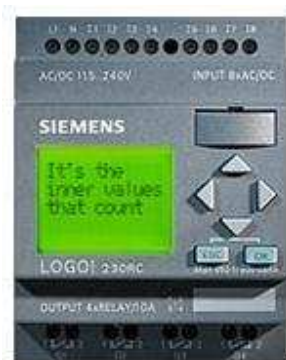


Figura 11. PLC LOGO de Siemens.

8. DISEÑO ARQUITECTURAL.

Para realizar este proceso se elaboró un modelamiento de las especificaciones con representaciones gráficas y textuales, lo que nos permite descomponer el sistema en varios objetos y de esta manera simplificar y optimizar la elaboración de los respectivos cálculos. Esto contribuye a brindar un diseño consistente que cumple con las especificaciones de los requerimientos.

8.1. Documentación mecánica.

La documentación mecánica de la máquina de pegado consta de dos etapas; planos de partes propias del sistema y lista de partes.

8.1.1. Planos de partes propias.

Para la elaboración de las partes de este diseño se tuvo en cuenta las diferentes variables que actúan sobre el sistema (Inercias como el peso del sistema y la estructura), también se tuvo en cuenta el comportamiento, peso, forma y tamaño del el pistón y motor, para sus respectivos soporte por que estos en si, forman la estructura principal del diseño total. El diseño de las piezas se realizo teniendo en cuenta los componentes que se deben utilizar tales como el tubo de silicona, la luminaria. De hay partimos a diseñar las piezas teniendo en cuenta el tamaño, la forma y el peso de estos elementos. Y se trabaja con la densidad del aluminio que es el material requerido para dicha pieza dividido a que la empresa trabaja con aluminio y ellos pueden fabricar estas piezas para una mayor economía.

8.2. Funcionalidad y medidas de las partes.

8.2.1 Contenedor del pistón y la silicona con tapas.

Esta pieza es la encargada de unir y soportar el pistón y el tubo de silicona. Sus medidas son diámetro 8cm y largo 40cm con tapas del contenedor las cuales son las encargadas de asegurar el pistón y la silicona y facilitan el cambio de tubo de silicona. Sus medidas son diámetro 9cm y largo 2cm.

8.2.2. Soporte del contenedor.

Esta pieza es la encargada de sostener el contenedor donde se encuentra el pistón y la silicona. Esta pieza consta de una barra y una placa, sus medidas son: la barra profundidad 17,2cm, ancho 12,5cm, largo 47cm y la placa profundidad 9cm, ancho 12,5cm y largo 4cm.

8.2.3. Sujetador guía del soporte.

Esta pieza sirve como sujetador guía del soporte, permite que el soporte se desplace arriba o abajo con la ayuda de un resorte. Esta pieza consta de una barra y una placa, sus medidas son: la barra profundidad 7,5cm, ancho 8,5cm, largo 58cm y la placa profundidad 5cm, ancho 8,5cm y largo 2cm.

8.2.4. Eje de abajo del soporte.

Esta pieza sirve como eje de apoyo para el soporte y también como guía del resorte. Sus medidas son diámetro 3cm y largo 15cm.

8.2.5. Eje de arriba del soporte.

Esta pieza es la encargada de ejercer presión al soporte para que este baje, esta presión la ejerce con ayuda de otra pieza llamada tablero guía que será analizada mas adelante. Esto con el fin de darle al pegado la forma de la luminaria. Son 2 cilindros pegados uno encima de otro. Sus medidas son diámetro 4cm, largo 9cm, y el cilindro de abajo diámetro 3cm, largo 11cm.

8.3. Documentación electrónica.

En la documentación electrónica se encuentran todos los elementos electrónicos que se utilizaran en la elaboración de la maquina, estos elementos se dividen en 2 clases; los elementos de control y los de sensado.

8.3.1. Elementos de control.

Para la elaboración de este diseño se necesitan un PLC para controlar el sistema en general. Para diseñar la estrategia programada primero se debe de hacer una descripción del proceso que debe de realizar la maquina y el operario. A continuación se describen los pasos que debe de seguir el operario para el manejo de la maquina.

- El operario coloca la luminaria en la maquina. La maquina reconoce la pieza por medio de un contacto (A) y energiza la maquina.
- El operario oprime el botón de inicio (B), el motor (C) y el cilindro pistón (D) empiezan a realizar el ciclo (el motor comienza a girar y el pistón comienza a descender).
- El fin del ciclo lo dictara la señal del sensor (E). Esta señal para el motor y devuelve el cilindro pistón.

- Al sacar la luminaria la maquina se desactiva gracias al contacto (A) y queda lista para realizar otro ciclo.

Seguridad de la maquina. Para protección del operario y de la maquina, se instala un botón de paro o stop (F), para poder detener la maquina en cualquier momento, y para evitar sobre cargas en el circuito se agregara un protector térmico (G), que apagara la maquina en caso que el motor tenga una sobre carga.

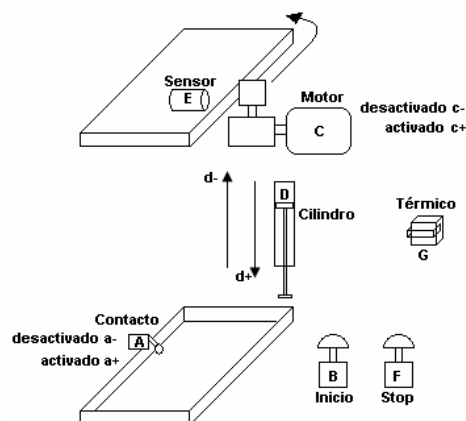


Figura 12. Grafico del proceso.

Lista de entadas y salidas. Al realizar esta lista se pretende organizar, direccional, simbolizar y describir cada una de las entradas y salidas del autómeta. La tabla 1 muestra las descripciones y características de las entradas y salidas del autómeta.

Tabla 1. Entradas y salidas del autómeta

# Entradas	Dirección	Símbolo	Estado	Comentario
I1	I0,0	F1	NC	Térmico del motor G
I2	I0,1	S0	NC	Stop F
I3	I0,2	S1	NA	Contacto A
I4	I0,3	S2	NA	Botón de inicio B
I5	I0,4	S3	NC	Sensor E
# Salidas	Dirección	Símbolo	Estado	Comentario
Q1	Q0,0	C1		Señal del motor
Q2	Q0,1	H1		Señal del Pistón
Q3	Q0,2	C4		Piloto del motor
Q4	Q0,3	H4		Piloto del pistón

NC=Normalmente cerrado NA=Normalmente abierto

Conexión de entradas y salidas del autómata.

Por medio de un dibujo del autómata se muestra de forma detallada como se conectan las entradas y las salidas figura 13.

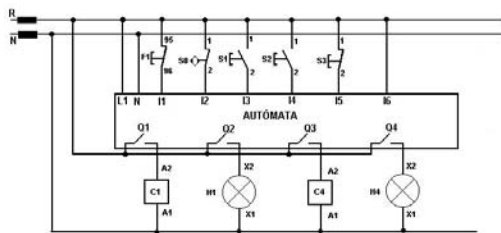


Figura 13. Conexión de entradas y salidas.

Esquema en escalera o ladder. Temiendo en cuenta las conexiones de las entradas y las salidas se proceda a realizar la programación en escalera o ladder figura 14.

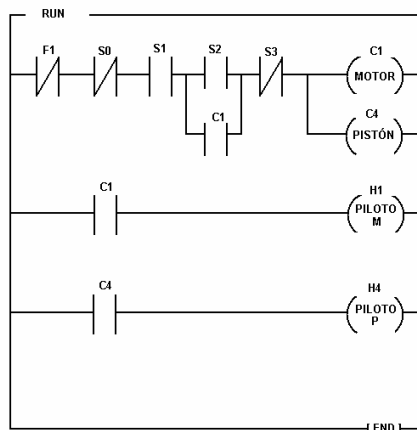


Figura 14. Esquema Ladder.

Programación en autómatas disponibles. El diagrama en escalera lo pasamos a compuertas lógicas para tener el diagrama de autómata disponible figura 15.

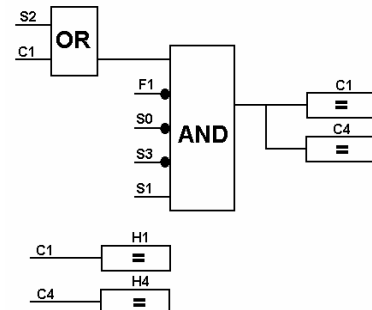


Figura 15. Autómata disponible.

Diagrama GRAFCET. La figura 16 muestra la secuencia en el sistema GRAFCET.

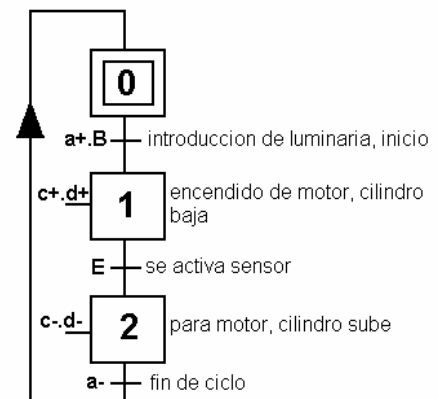


Figura 16. GRAFCET.

Programación por lista de instrucción. Por ultimo se crea el lenguaje por lista de instrucción.

LDN	F1
AND	S0
A	S1
LD	S2
O	C1
ALD	
AN	S3
=	C1
=	C4
LD	C1
=	H1
LD	C4
=	H4

8.3.2. Elementos de sensado.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Para este proyecto se escogió 2 tipos de sensores; Un sensor de proximidad para sensar el fin de ciclo de la maquina y un sensor de contacto para reconocer la luminaria.

Sensor de proximidad.

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación, teniendo las siguientes características; son dispositivos que actúan por inducción al acercarse un objeto, no requieren contacto directo con el material a sensar, son los más comunes y utilizados en la industria, se encuentran encapsulados en plástico para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes.

Sensor de contacto.

Los sensores de contacto nos indican simplemente si ha habido contacto o no con algún objeto, sin considerar la magnitud de la fuerza de contacto. Suelen ser dispositivos sencillos cuyo uso es muy variado. Se pueden situar en las pinzas de los brazos de robot para determinar cuando se ha cogido un objeto, pueden formar parte de sondas de inspección para determinar dimensiones de objetos, o incluso pueden situarse en el exterior de las pinzas para ir tanteando un entorno. Estos sensores suelen ser interruptores de límite o microinterruptores, que son sencillos dispositivos eléctricos que cuando se contacta con ellos cambian de estado.

8.4. Simulación en software.

Para probar el diseño en la parte eléctrica y neumática se utilizó un software llamado Automation Studio 5.0 este software permite simular el programa del PLC en diagrama escalera con todos los componentes. Permite conectar el

motor, el cilindro pistón, los pulsadores y el sensor, para así probar si está funcionando bien la máquina.

La figura 17 muestra la simulación de la máquina. Los elementos están energizados, esto quiere decir que la máquina está en funcionamiento, el motor está girando, el cilindro pistón está saliendo, los pilotos están encendidos y la válvula está accionada.

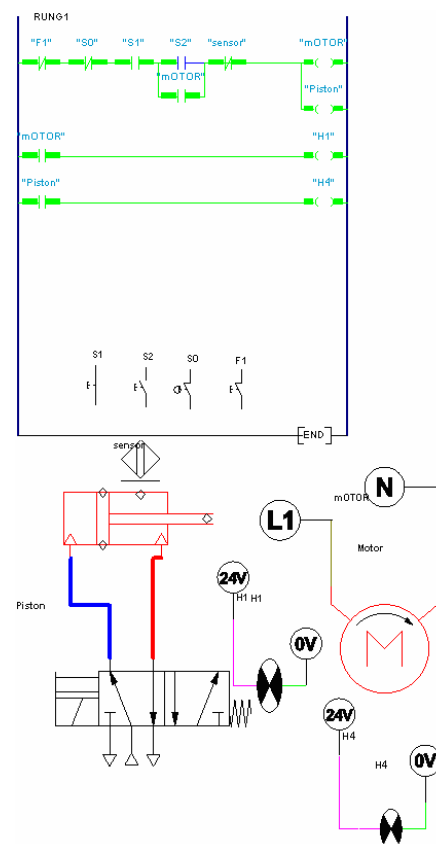


Figura 17. Simulación del proceso en Automation Studio 5.0.

8.5. Interfaz del usuario.

La interfaz de usuario es una parte importante del diseño ya que es la comunicación del operario con la máquina por eso se tiene que hacer de una manera sencilla y fácil de entender, con la mínima cantidad de botones y señalizada. La figura 18 muestra la interfaz de usuario de la máquina, con su respectiva señalización.

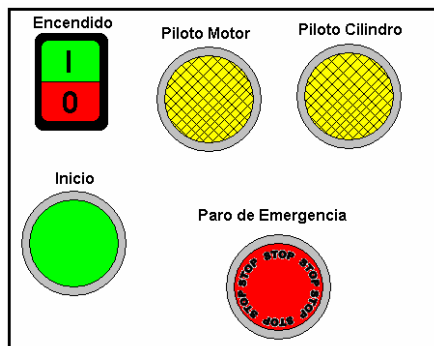


Figura 18. Interfaz del usuario.

8.6. Lista de partes.

Esta consta de una imagen explosionada del diseño general de la máquina donde se numeran cada una de las piezas que conforman la máquina, como se puede observar en la figura 19.

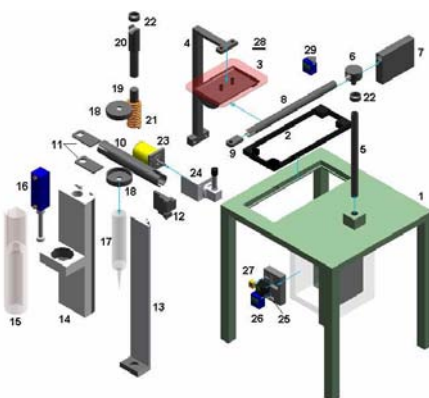


Figura 19. Vista explosionada.

Tabla 2 lista de partes de la maquina.

ITEM	PIEZA	DESCRIPCION
1	Mesa	Es el soporte de la estructura
2	Soporte de luminaria	Tiene la forma de la luminaria
3	Tablero guía	Tiene las dimensiones del contorno de la luminaria
4	Sujetador tablero guía	Sostiene el tablero guía
5	Brazo 1	Es la columna de la maquina
6	Soporte brazo 2	Une al brazo 2 con el 1 y el contrapeso
7	Contrapeso	Equilibra el sistema
8	Brazo 2	Sostiene el brazo 3 de le da grados de libertad a la maquina
9	Placa brazo 2	Une el brazo 2 con el 3

10	Brazo 3	Sostiene el sistema de pegado y da otro grado de libertad
11	Placa brazo 3	Une el brazo 2 con el 3
12	Placa 1	Da otro grado de libertad y sostiene el sistema de pegado
13	Sujetador guía del soporte	Sostiene el contenedor y permite su desplazamiento vertical
14	Soporte pistón – silicona	Soporta el contenedor y se desliza verticalmente
15	Contenedor del pistón	Une al pistón con el tubo de silicona
16	Pistón	Presiona la salida de la silicona del tubo
17	Tubo de silicona	Es el que contiene la silicona para el pegado
18	Tapas del contenedor	Permite el fácil intercambio del tubo de silicona
19	Eje de abajo del soporte	Permite que el soporte permanezca alineado
20	Eje de arriba del soporte	Comprime el resorte para darle la curvatura al pegado
21	Resorte	Regresa el soporte pistón-silicona a la posición inicial
22	Balineras	Permiten suavidad en los giros
23	Motor	Genera el movimiento en la maquina
24	Reductor del motor	Reduce las RPM del motor y cambia el sentido del giro
25	PLC	Controla el sistema
26	Variador de velocidad	Varia la velocidad del motor
27	Protector del circuito	Protege la maquina de sobrecargas eléctricas
28	Sensor de proximidad	Da el final del ciclo
29	Sensor de contacto	Sensa la ubicación correcta de la luminaria en la maquina

9. PROTOTIPADO.

El prototipo se dividió en dos partes la primera fue de funcionamiento electromecánico que se realizo en el software de simulación de procesos electromecánicos Automation Studio 5.0 que se observa en la figura 17. La segunda parte fue un prototipo del diseño completo que permite analizar la distribución espacial y geométrica de cada una de las piezas que conforman la maquina, esto se realizo en el software de renderizado de piezas Solid Edge 10 figura 19.

10. RECOMENDACIONES.

- Realizando unas pequeñas modificaciones a la maquina como es cambiarle el tablero guía y el soporte de la luminaria, se puede utilizar esta para la elaboración del proceso de pegado de

otro tipo de luminarias como la luminaria calima tipo 1.

- La plataforma de esta maquina esta diseñada para poder automatizar todo el proceso de pegado, incorporando una banda transportadora y un sistema dosificador de luminarias, podría realizarse este proceso en serie.
- Para obtener un mejor desempeño de la maquina se le pueden adicionar compartimentos para guardar herramientas, además se le puede agregar una lámpara para poderla utilizar por la noche con mayor seguridad.

11. CONCLUSIONES.

- Lo mas importante para la elaboración de un diseño es tener en claro cuales son las necesidades y restricciones especificas del cliente y que espera el cliente del diseño final.
- Para un mejor diseño es importante generar, seleccionar y probar diferentes conceptos que resuelvan las necesidades establecidas por el cliente, para así saber cual de estos conceptos le conviene más al diseño.
- La plantación de un proyecto es una parte de gran importancia a la hora de llevar acabo un proceso de diseño; una buena plantación de cómo resultado un buen diseño economizando tiempo y dinero.
- La elaboración de prototipos es muy importante porque dan una visión clara de cómo esta quedando el diseño y ayuda a corregir errores que no se podrían visualizar sin la elaboración de prototipos.
- Es importante la elaboración del benchmarking en la etapa de plantación del proyecto porque nos da un rango de posibilidades muy grande y además nos

muestra como las grandes empresas están resolviendo el problema.

- El diseño final cumple con todos los parámetro propuestos al indicio de este proyecto, ya que cumple con todas las necesidades, restricciones y especificaciones del cliente, además tiene una plataforma que permite modificaciones y acoples con otros procesos que realiza la empresa.
- La automatización de este proceso por parte de la empresa le va a significar una reducción de tiempo y dinero, además le garantiza una mejor producción y una mayor calidad del producto.

12. REFERENCIAS.

Paginas Web.

Actuadores neumáticos cilindros Boschrexroth [1]
<http://www.Boschrexroth.com>.

Actuadores neumáticos cilindros y válvulas Festo [2]
http://www.festo.com/INetDomino/innovations_2006/es/7145004cee3e.htm.

Altivar Variador de velocidad [3]
<http://www.electricidadlynch.com.ar/variadordevelocidadshneider.htm>.

Bison catalogue gearmotors reducers motors [4]
<http://www.Bison/cataloguegearmotors/2005.com>.

Características de la maquina dosificadora de adhesivo [5]
<http://www.efd-inc.com/espanol/SP-UltraTT-Brochure.pdf>.

Características de los robots dosificadores de adhesivo [6]
<http://www.ijfisnar.com/spain/index.htm>.

Características del robot Scara [7]
<http://www.yamaharobotics.com/business/robot/index.html>.

Especificaciones de la luminaria calima tipo 2 [8]
<http://www.royalpha.com>.

Interruptores de final de carrera [9]
http://www.allen-bradley/802m_mc.pdf.

Micromaster Variador de velocidad [10]
<http://www.electricidadlynch.com.ar/variadordevelocidadsiemens.htm>.

Revista virtual de electricidad electrónica y automática [11]
<http://www.olmo.pntic.mec.es/jmarti50/automatas/auto.htm#inicio>.

Sensores de Proximidad [12]
http://www.pantron.de/datasheet_slimline_04-2005.pdf.
Siemens [13]
http://www.automation.siemens.com/simatic/compact_info/html_78/micro-automation.htm.

Libros y Catálogos.

Aire comprimido como portador de energía
catálogo de neumática. Universidad Autónoma de Occidente laboratorio de neumática.

Gere, James M; Timoshenko, Stephen p.
Mecánica de Materiales. 2 ed. Grupo Editorial Iberoamerica.

Norton, Robert L. Diseño de Maquinas. Prentice-Hall.

Ortiz, Rosas A. Introducción a la Programación de Automatas. Faid Editores, 2001.

Otto, Kevin; Wodd, Kristin. Products Designs. Techniques in Reverse Engineering and New Product Development. 2 ed. Prentice Hall.

Porras, Alejandro C.; Placido Antonio M.
Autómatas Programables Fundamentos, Manejo, Instalación y Practicas. Mc Graw-Hill.

Shames, Irving H. Mecánica de Fluidos. 3 ed. Mc Graw-Hill.

Timoshenko, Stephen; Young, D.H. Elementos de Resistencia de Materiales. Montaner y Simona.

Ulrich, Karl; Sppinder, Steven. Product Design and Development. 2 ed.
Mc. Graw-Hill.